

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE

Reconocimiento de validez oficial de estudios de nivel superior según acuerdo secretarial 15018, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de noviembre de 1976.

Departamento del Hábitat y Desarrollo Urbano
MAESTRÍA EN PROYECTOS Y EDIFICACIÓN SUSTENTABLES



GUÍA DE COMPONENTES PARA LA ENVOLVENTE DE EDIFICACIONES INDUSTRIALES ALIMENTARIAS EN JALISCO PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SALUD OCUPACIONAL

Trabajo recepcional que para obtener el grado de
MAESTRA EN PROYECTOS Y EDIFICACIÓN SUSTENTABLES

Presenta: Ixchel Rowena Figueroa Martínez

Tutor: Mtro. Marco Antonio Castillo Cuevas

San Pedro Tlaquepaque, Jalisco. mayo de 2018.

**GUÍA DE COMPONENTES PARA LA ENVOLVENTE DE EDIFICACIONES
INDUSTRIALES ALIMENTARIAS EN JALISCO PARA LA EFICIENCIA
ENERGÉTICA Y SALUD OCUPACIONAL**

Ixchel Rowena Figueroa Martínez

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por brindarme los medios necesarios para realizar la maestría.

Al Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO), por abrazarme una vez más en un lugar de crecimiento.

Al Fondo para el Desarrollo de Recursos Humano (FIDERH) por el financiamiento.

A Fundación TELMEX, por el apoyo.

A mi tutor Mtro. Marco Castillo, por asesorarme a lo largo del desarrollo y culminación de este trabajo de la mejor manera posible.

Al Mtro. Enrique Cueva, por la orientación y guía en sus asesorías.

Al Mtro. Óscar Castro, por asesorarme y por ser un gran maestro.

A mis compañeros maestrantes, por formar parte de mi vida personal y profesional.

A todos los maestros que compartieron su conocimiento, contribuyendo al desarrollo de este trabajo.

A todas las personas que de alguna manera han aportado algo en lo personal o en el campo del conocimiento para llevar a cabo este Trabajo de Obtención de Grado.

Dedicatorias

A mi padre Lorenzo, por acompañarme, esforzarse, apoyarme bajo cualquier circunstancia y confiar en mí.

A mi compañero de vida Rodolfo, por compartir los sueños, los logros y la convicción de que siempre se puede lograr lo que uno se propone.

“La mejor manera de predecir el futuro es diseñándolo”

Richard Buckminster Fuller

Guía de componentes para la envolvente de edificaciones industriales alimentarias en Jalisco para la eficiencia energética y salud ocupacional.

Resumen

En este trabajo se aborda la interrelación entre el sistema constructivo de la envolvente en edificaciones industriales dedicadas a la producción de alimentos en el estado de Jalisco, con el confort térmico, la salud ocupacional y el impacto ambiental que se genera al incluir sistemas de ventilación artificial o enfriamiento para llegar a una temperatura deseada.

Con el objetivo de contribuir al conocimiento práctico y científico en la construcción sustentable de industrias. Favoreciendo a las personas que desarrollan una labor en estos espacios y a los actores principales en la toma de decisiones en una construcción o empresa de estas características. A través de una guía para la evaluación y selección de componentes de la envolvente, con estrategias de mejora y planeación, basada en criterios ambientales, sociales y económicos.

Una herramienta práctica que ha sido elaborada con base en el análisis del estado actual de tres industrias alimenticias y las posibilidades de mejora que han resultado. Las estrategias utilizadas pueden ser replicadas en otro tipo de industria con un análisis previo de las variantes.

Palabras Clave: Sustentabilidad, industria alimentaria, confort térmico, eficiencia energética, salud ocupacional.

Abstract

In this study, an approach to the interrelation between the constructive system of the envelope of factory buildings dedicated to the production of food in the state of Jalisco, with thermal comfort, occupational health and the environmental impact that is generated by including artificial ventilation systems or cooling to reach a desired temperature is made.

With the aim of contributing to the practical and scientific knowledge in the sustainable construction of factories. Favoring the people who work in these spaces and decision making main actors in a construction or a company of these characteristics. Through a guide for the evaluation and selection of components of the envelope, with improvement and planning strategies, based on environmental, social and economic criteria.

A practical tool that has been elaborated based on the analysis of current status of three food factories and improvement possibilities that have resulted. Used strategies can be replicated in another type of industry with a previous analysis of the variants.

Keywords: *Sustainability, Food Industry, Thermal comfort, energy efficiency, Occupational Health.*

TABLA DE CONTENIDO

1. PLANTEAMIENTO DEL TEMA	1
1.1 DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE DESARROLLO O INNOVACIÓN	1
<i>1.1.1 Ubicación en campos disciplinares</i>	<i>1</i>
1.2 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN-PROBLEMA	2
1.3 IMPORTANCIA DEL PROYECTO	8
2. MARCO CONTEXTUAL Y/O CONCEPTUAL	10
CONSTRUCCIÓN INDUSTRIAL	10
SUSTENTABILIDAD Y DESARROLLO SUSTENTABLE	11
CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE	12
EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA EDIFICACIÓN	14
CONFORT TÉRMICO Y SALUD OCUPACIONAL	15
TRANSFERENCIA DE CALOR A TRAVÉS ENVOLVENTE DE LA EDIFICACIÓN	16
NORMATIVA	17
3. DISEÑO METODOLÓGICO	20
3.1 PREGUNTAS GENERADORAS	20
<i>3.1.1 Pregunta general</i>	<i>20</i>
<i>3.1.2 Preguntas particulares</i>	<i>20</i>
3.2 SUPUESTOS DE TRABAJO	20
<i>3.2.1 Supuesto general</i>	<i>20</i>
<i>3.2.2 Supuestos particulares</i>	<i>21</i>
3.3 OBJETIVOS	21
<i>3.3.1 Objetivo general</i>	<i>21</i>
<i>3.3.2 Objetivos particulares</i>	<i>21</i>
3.4 CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN	22
3.5 ELECCIÓN METODOLÓGICA	24
3.6 SELECCIÓN DE TÉCNICAS Y DISEÑO DE INSTRUMENTOS	25
<i>3.6.1 Revisión documental</i>	<i>25</i>

3.6.2 Observación directa	25
3.6.3 Levantamiento fotográfico	29
3.6.4 Entrevista semiestructurada	29
3.7 ETAPAS DEL TRABAJO DE OBTENCIÓN DE GRADO	31
4. ANÁLISIS, DESARROLLO DE LA PROPUESTA Y RESULTADOS.....	37
4.1 SÍNTESIS INTERPRETATIVA DE LOS DATOS ANALIZADOS	37
4.1.1 Revisión documental	37
4.1.2 Observación directa	44
4.1.3 Consumo de energía por climatización artificial en las tres industrias	94
4.1.4 Entrevista semiestructurada	99
4.2 HALLAZGOS APROVECHABLES DE LA APLICACIÓN DE TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	101
4.2.1 Características del sistema constructivo para industrias de producción de alimentos	101
4.2.2 Ventilación y climatización	101
4.2.3 Análisis de déficit de confort térmico	102
4.3 DISEÑO APLICATIVO DE LA SOLUCIÓN	103
4.3.1 Diseño de Calculadora de transferencia de calor a través de un muro o cubierta	103
4.3.3 Selección de materiales por distintas variables	119
4.3.4 Diseño de guía de selección de componentes para el envolvente de edificaciones industriales	120
4.4 FACTIBILIDAD Y VALIDACIÓN	122
4.4.1 Factibilidad	122
ENCUADRE DE TOG EN DIMENSIONES DE SUSTENTABILIDAD	122
4.4.2 Validación	125
4.4.2 Validación en términos económicos	125
5. CONCLUSIONES.....	124
5.1 RECOMENDACIONES	130
ANEXOS	131
6. BIBLIOGRAFÍA	167

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. CONDUCTIVIDAD TÉRMICA. ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE (ÇENGEL & GHAIJAR, 2011)	0
ILUSTRACIÓN 2. GRÁFICA DE CONSUMO DE ENERGÍA FINAL POR SECTOR HASTA EL AÑO 2016. FUENTE: (SENER, 2016)... 3	3
ILUSTRACIÓN 3. RIESGOS EN LUGARES DE TRABAJO POR CONDICIONES AMBIENTALES. ELABORACIÓN PROPIA CON INFORMACIÓN DE (CCOO ARAGÓN; , FPPRL; , SSLM; , 2006).	5
ILUSTRACIÓN 4. REVOLUCIÓN INDUSTRIAL. FUENTE: (CONFIDENCIAL, 2017).	10
ILUSTRACIÓN 5. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE. FUENTE: (NACIONES UNIDAS, 2015).....	12
ILUSTRACIÓN 6. KUEHNE + NAGEL HOLANDA. FUENTE: HTTPS://WWW.KN-PORTAL.COM/LOCATIONS/	15
ILUSTRACIÓN 7. MECANISMOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR. ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE (ÇENGEL & GHAIJAR, 2011)	17
ILUSTRACIÓN 8. MAPA DE NORMATIVA. ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE: (AENOR, 2006), (ASHRAE, 2013), (INSHT, 1998), (MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO, ESPAÑA, 2013), (SAGARPA & SENASICA, 2015), (PROFEPA, 2013), (SE, 2011), (SENASICA, 1994), (SEMARNAT, 2013), (PROFEPA; , SEMARNAT, 2012), (USGBC, 2018) Y (IEA, 2010).	18
ILUSTRACIÓN 9. UBICACIÓN DE INDUSTRIAS ANALIZADAS. ELABORACIÓN PROPIA CON IMAGEN DE (FREEPIK, 2017).	24
ILUSTRACIÓN 10. ETAPA 1 DE TOG. ELABORACIÓN PROPIA.	31
ILUSTRACIÓN 11. ETAPA 2 TOG. ELABORACIÓN PROPIA.....	32
ILUSTRACIÓN 12. ETAPA 3 TOG. ELABORACIÓN PROPIA.....	33
ILUSTRACIÓN 13. ETAPA 4 TOG. ELABORACIÓN PROPIA.....	34
ILUSTRACIÓN 14. ETAPA 5 TOG. ELABORACIÓN PROPIA.....	34
ILUSTRACIÓN 15. ETAPAS DE TRABAJO PARA OBTENCIÓN DE GRADO, ELABORACIÓN PROPIA.	35
ILUSTRACIÓN 16. CRITERIOS DE ANÁLISIS EN CLIMATE CONSULTANT. FUENTE: CLIMATE CONSULTANT	39
ILUSTRACIÓN 17. RANGO DE CONFORT TÉRMICO. FUENTE: CLIMATE CONSULTANT	40
ILUSTRACIÓN 18. TEMPERATURA OPERATIVA ÓPTIMA. ADAPTACIÓN DE FUENTE: (AENOR, 2006).	43
ILUSTRACIÓN 19. UBICACIÓN DEL MUNICIPIO DE ZAPOTLANEJO RESPECTO A JALISCO Y A MÉXICO. ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE FREEPIK Y GOOGLE MAPS.	44
ILUSTRACIÓN 20. CONTEXTO INMEDIATO DE FÁBRICA 1. FUENTE: GOOGLE MAPS.	45
ILUSTRACIÓN 21. LEVANTAMIENTO FOTOGRÁFICO DE FÁBRICA 1. ELABORACIÓN PROPIA.	46
ILUSTRACIÓN 22. FACHADA Y SECCIÓN CON MATERIALES DE FÁBRICA 1. ELABORACIÓN PROPIA.	47
ILUSTRACIÓN 23. GEOMETRALES DE ÁREA ANALIZADA EN FÁBRICA 1. ELABORACIÓN PROPIA.	48
ILUSTRACIÓN 24. AIRE LAVADO EN FÁBRICA 1. ELABORACIÓN PROPIA.....	49
ILUSTRACIÓN 25. EXTRACTOR DE AIRE LINEAL POR GRAVEDAD EN FÁBRICA 1. ELABORACIÓN PROPIA.....	49

ILUSTRACIÓN 26. FUNCIONAMIENTO DE EXTRACTOR DE AIRE LINEAL. FUENTE: VENTILACIÓN INDUSTRIAL IFM.	49
ILUSTRACIÓN 27. MAQUINARÍA EN FÁBRICA 1. ELABORACIÓN PROPIA.	50
ILUSTRACIÓN 28. UBICACIÓN DEL MUNICIPIO DE GUADALAJARA RESPECTO A JALISCO Y A MÉXICO. ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE FREEPIK Y GOOGLE MAPS.	51
ILUSTRACIÓN 29. CONTEXTO INMEDIATO DE FÁBRICA 2. FUENTE: GOOGLE MAPS.	52
ILUSTRACIÓN 30. LEVANTAMIENTO FOTOGRÁFICO DE FÁBRICA 2. FUENTE: FÁBRICA 2.	53
ILUSTRACIÓN 31. SECCIÓN TRANSVERSAL CON MATERIALES DE LA ENVOLVENTE DE FÁBRICA 2. ELABORACIÓN PROPIA.	54
ILUSTRACIÓN 32. PLANTA ARQUITECTÓNICA DE FÁBRICA 2 CON ÁREA DE ANÁLISIS DELIMITADA. ELABORACIÓN PROPIA. ..	55
ILUSTRACIÓN 33. VENTILADOR DE EXTRACCIÓN EN FÁBRICA 2. ELABORACIÓN PROPIA.	56
ILUSTRACIÓN 34. FUNCIONAMIENTO DE INYECCIÓN Y EXTRACCIÓN DE AIRE. FUENTE: HTTP://WWW.CCOHS.CA	56
ILUSTRACIÓN 35. INYECTORES DE AIRE EN FÁBRICA 2. ELABORACIÓN PROPIA.	56
ILUSTRACIÓN 36. INYECTORES DE AIRE FÁBRICA 2. FUENTE: GOOGLE MAPS.	56
ILUSTRACIÓN 37. ÁREA DE COCINADO EN FÁBRICA 2. FUENTE: FÁBRICA 2.	57
ILUSTRACIÓN 38. MAQUINARÍA DE FÁBRICA 2. FUENTE: FÁBRICA 2.	57
ILUSTRACIÓN 39. UBICACIÓN DEL MUNICIPIO DE GUADALAJARA RESPECTO A JALISCO Y A MÉXICO. ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE FREEPIK Y GOOGLE MAPS.	58
ILUSTRACIÓN 40. CONTEXTO INMEDIATO DE FÁBRICA 3. FUENTE: GOOGLE MAPS.	59
ILUSTRACIÓN 41. LEVANTAMIENTO FOTOGRÁFICO DE FÁBRICA 3. FUENTE: FÁBRICA 3.	60
ILUSTRACIÓN 42. MATERIALES DE LA ENVOLVENTE DE FÁBRICA 3 EN ÁREA DE RASTRO. ELABORACIÓN PROPIA.	61
ILUSTRACIÓN 43. MATERIALES EN LA ENVOLVENTE DE FÁBRICA 3 EN ÁREA DE CORTE Y DESPIECE. ELABORACIÓN PROPIA. ..	62
ILUSTRACIÓN 44. PLANTA ARQUITECTÓNICA CON ÁREAS DE MONITOREO DELIMITADAS. ELABORACIÓN PROPIA.	63
ILUSTRACIÓN 45. ENFRIADOR DE TECHO EN FÁBRICA 3. FUENTE: WWW.CRACK.COM	64
ILUSTRACIÓN 46. ENFRIADOR DE TECHO EN FÁBRICA 3. ELABORACIÓN PROPIA.	64
ILUSTRACIÓN 47. MAQUINARÍA EN FÁBRICA 3. FUENTE: FÁBRICA 3.	64
ILUSTRACIÓN 48. DESCRIPCIÓN GRÁFICA DE 3 FÁBRICAS DE ALIMENTOS. ELABORACIÓN PROPIA.	65
ILUSTRACIÓN 49. INSTALACIÓN DE DATALOGGERS EN FÁBRICA 1. ELABORACIÓN PROPIA.	67
ILUSTRACIÓN 50. MONITOREO DE TEMPERATURA DE FÁBRICA 1 DEL 27 DE OCTUBRE AL 07 DE NOVIEMBRE. ELABORACIÓN PROPIA.	68
ILUSTRACIÓN 51. MONITOREO DE TEMPERATURA EN FÁBRICA 1 ETAPA 1. ELABORACIÓN PROPIA.	69
ILUSTRACIÓN 52. HUMEDAD RELATIVA FÁBRICA 1 EN ETAPA 1. ELABORACIÓN PROPIA.	70
ILUSTRACIÓN 53. HUMEDAD RELATIVA EN FÁBRICA 1 EN ETAPA 1, EN DÍA LABORAL. ELABORACIÓN PROPIA.	71
ILUSTRACIÓN 54. MONITOREO DE TEMPERATURA EN FÁBRICA 1 EN ETAPA 2. ELABORACIÓN PROPIA.	72

ILUSTRACIÓN 55. TEMPERATURA EN FÁBRICA 1 EN ETAPA 2, EN DÍA LABORAL. ELABORACIÓN PROPIA.	73
ILUSTRACIÓN 56. TEMPERATURA DE FÁBRICA 1 EN ETAPA 2, EN DÍA NO LABORAL. ELABORACIÓN PROPIA.	74
ILUSTRACIÓN 57. MONITOREO DE HUMEDAD RELATIVA EN FÁBRICA 1 EN ETAPA 2. ELABORACIÓN PROPIA.....	75
ILUSTRACIÓN 58. HUMEDAD RELATIVA EN FÁBRICA 1 ETAPA 2 EN DÍA LABORAL. ELABORACIÓN PROPIA.....	76
ILUSTRACIÓN 59. INSTALACIÓN DE DATALOGGERS EN FÁBRICA 2. ELABORACIÓN PROPIA.	77
ILUSTRACIÓN 60. MONITOREO DE TEMPERATURA EN FÁBRICA 2. ELABORACIÓN PROPIA.	78
ILUSTRACIÓN 61. TEMPERATURA EN FÁBRICA 2 EN DÍA LABORAL. ELABORACIÓN PROPIA.	79
ILUSTRACIÓN 62. TEMPERATURA EN FÁBRICA 2 EN DÍA NO LABORAL. ELABORACIÓN PROPIA.....	80
ILUSTRACIÓN 63. MONITOREO DE HUMEDAD RELATIVA EN FÁBRICA 2. ELABORACIÓN PROPIA.	81
ILUSTRACIÓN 64. HUMEDAD RELATIVA EN FÁBRICA 2 EN DÍA LABORAL. ELABORACIÓN PROPIA.....	82
ILUSTRACIÓN 65. INSTALACIÓN DE DATALOGGERS EN FÁBRICA 3. ELABORACIÓN PROPIA.	83
ILUSTRACIÓN 66. MONITOREO DE TEMPERATURA EN FÁBRICA 3 EN ÁREA 1. ELABORACIÓN PROPIA.	84
ILUSTRACIÓN 67. TEMPERATURA EN FÁBRICA 3 EN ÁREA 1, EN DÍA LABORAL. ELABORACIÓN PROPIA.	85
ILUSTRACIÓN 68. TEMPERATURA EN FÁBRICA 3, EN ÁREA 1, EN DÍA NO LABORAL. ELABORACIÓN PROPIA.	86
ILUSTRACIÓN 69. MONITOREO DE HUMEDAD RELATIVA EN FÁBRICA 3 EN ÁREA 1. ELABORACIÓN PROPIA.	87
ILUSTRACIÓN 70. HUMEDAD RELATIVA EN FÁBRICA 3 EN ÁREA 1 EN DÍA LABORAL. ELABORACIÓN PROPIA.....	88
ILUSTRACIÓN 71. MONITOREO DE TEMPERATURA EN FÁBRICA 3, ÁREA 2. ELABORACIÓN PROPIA.	89
ILUSTRACIÓN 72. TEMPERATURA EN FÁBRICA 3, ÁREA 2, EN DÍA LABORAL. ELABORACIÓN PROPIA.	90
ILUSTRACIÓN 73. TEMPERATURA EN FÁBRICA 3, ÁREA 2, EN DÍA NO LABORAL. ELABORACIÓN PROPIA.	91
ILUSTRACIÓN 74. MONITOREO DE HUMEDAD RELATIVA EN FÁBRICA 3, ÁREA 2. ELABORACIÓN PROPIA.....	92
ILUSTRACIÓN 75. HUMEDAD RELATIVA EN FÁBRICA 3, ÁREA 2, EN DÍA LABORAL EL 27 DE FEBRERO DE 2018. ELABORACIÓN PROPIA.....	93
ILUSTRACIÓN 76. FORMULARIO DE DATOS DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS. ELABORACIÓN PROPIA.....	106
ILUSTRACIÓN 77. BALANCE DE TEMPERATURA Y CONSTANTES DE PARED O CUBIERTA. ELABORACIÓN PROPIA EN COLABORACIÓN CON MATERIOTECA ITESO.....	111
ILUSTRACIÓN 78. TEMPERATURAS CALCULADAS CARA B, MURO DE BLOCK. EN FÁBRICA 1. ELABORACIÓN PROPIA.	112
ILUSTRACIÓN 79. MUROS Y CUBIERTAS DE FÁBRICA 1. ELABORACIÓN PROPIA.	112
ILUSTRACIÓN 80. TEMPERATURAS CALCULADAS CARA B. MURO DE LÁMINA DE ZINC EN FÁBRICA 1. ELABORACIÓN PROPIA.	113
ILUSTRACIÓN 81. TEMPERATURAS CALCULADAS CARA C. DE LÁMINA DE ZINC CON COLCHONETA AISLANTE DE LANA MINERAL EN FÁBRICA 1. ELABORACIÓN PROPIA.	113
ILUSTRACIÓN 82. SIMULACIÓN CON PANEL TIPO SÁNDWICH EN FÁBRICA 1. ELABORACIÓN PROPIA.	114

ILUSTRACIÓN 83. MUROS Y CUBIERTAS DE FÁBRICA 2. ELABORACIÓN PROPIA	115
ILUSTRACIÓN 84. TEMPERATURAS CALCULADAS CARA A, MURO DE BLOCK. EN FÁBRICA 2. ELABORACIÓN PROPIA.	115
ILUSTRACIÓN 85. TEMPERATURAS CALCULADAS CARA B, CUBIERTA DE LÁMINA ZINC CON LANA MINERAL AISLANTE EN FÁBRICA 2. ELABORACIÓN PROPIA.	116
ILUSTRACIÓN 86. TEMPERATURAS CALCULADAS CARA A, MURO SIMULADO CON PANEL DE POLIURETANO, EN FÁBRICA 2. ELABORACIÓN PROPIA.	116
ILUSTRACIÓN 87. MURO SUR FÁBRICA 3. ELABORACIÓN PROPIA.	117
ILUSTRACIÓN 88. TEMPERATURAS CALCULADAS CARA A, MURO DE BLOCK. EN FÁBRICA 3. ELABORACIÓN PROPIA.	117
ILUSTRACIÓN 89. TEMPERATURAS CALCULADAS EN LOSA ALIGERADA EN FÁBRICA 3. ELABORACIÓN PROPIA.	118
ILUSTRACIÓN 90. SIMULACIÓN DE MURO A, EN FÁBRICA 3, CON PANEL SÁNDWICH DE POLIURETANO. ELABORACIÓN PROPIA.	118
ILUSTRACIÓN 91. METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN DE COMPONENTES PARA LA ENVOLVENTE DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS. ELABORACIÓN PROPIA.	121
ILUSTRACIÓN 92. PRINCIPIOS DE SUSTENTABILIDAD DE TOG. ELABORACIÓN PROPIA.	122

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. ESTABLECIMIENTOS DE INDUSTRIA ALIMENTARIA EN JALISCO	6
TABLA 2. CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN	23
TABLA 3. FOCOS DE ATENCIÓN DE OBSERVACIÓN DIRECTA.....	26
TABLA 4. FORMATO DE OBSERVACIÓN DIRECTA	28
TABLA 5. HALLAZGOS EN LA NORMATIVA DE SALUD OCUPACIONAL Y CONFORT TÉRMICO	38
TABLA 6. CONDICIONES INTERIORES DE DISEÑO R.I.T.E.	40
TABLA 7. VALORACIÓN DE VESTIMENTA	41
TABLA 8. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA METABÓLICA.....	42
TABLA 9. CO ₂ EQUIVALENTE POR ELECTRICIDAD.	94
TABLA 10. CO ₂ -EQ POR USO DE ELECTRICIDAD EN EQUIPO DE CLIMATIZACIÓN EN FÁBRICA 1 EN UN MES.	95
TABLA 11. FACTOR DE EQUIVALENCIA DE CO ₂	95
TABLA 12. CO ₂ -EQ POR USO DE ELECTRICIDAD EN EQUIPO DE CLIMATIZACIÓN EN FÁBRICA 2 EN UN MES.	96
TABLA 13. FACTOR DE EQUIVALENCIA DE CO ₂	96
TABLA 14. CO ₂ -EQ POR USO DE ELECTRICIDAD EN EQUIPO DE CLIMATIZACIÓN EN FÁBRICA 3, ÁREA 1 EN UN MES.	97
TABLA 15. FACTOR DE EQUIVALENCIA DE CO ₂	97

TABLA 16. CO ₂ -EQ POR USO DE ELECTRICIDAD EN EQUIPO DE CLIMATIZACIÓN EN FÁBRICA 3, ÁREA 2 EN UN MES.	98
TABLA 17. FACTOR DE EQUIVALENCIA DE CO ₂	98
TABLA 18. REGISTRO DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS.	107
TABLA 19. REGISTRO DE MONITOREO DE TEMPERATURA.....	108
TABLA 20. RADIACIÓN SOLAR.	108
TABLA 21. ARQUITECTURA DE MURO O CUBIERTA.....	109
TABLA 22. ESTIMACIONES DE TEMPERATURA DE PARED O CUBIERTA INTERIOR.....	110
TABLA 23. SELECCIÓN DE MATERIALES POR VARIABLES DE TRANSFERENCIA DE CALOR Y EMISIONES DE CO ₂ - EQ.	119
TABLA 24. REQUERIMIENTOS DE EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN ARTIFICIAL PARA LA EXTRACCIÓN DE CALOR EN FÁBRICA 1 POR DÍA CON MURO DE BLOCK.	125
TABLA 25. REQUERIMIENTOS DE EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN ARTIFICIAL PARA LA EXTRACCIÓN DE CALOR EN FÁBRICA 1 POR DÍA CON PANEL TIPO SÁNDWICH.	126

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. GUÍA DE ENTREVISTA	131
ANEXO 2. DETALLES DE ENTREVISTAS APLICADAS	132
ANEXO 3. ENTREVISTA INFORMANTE TIPO 1 TRANSCRITA.	133
ANEXO 4. ENTREVISTA A INFORMANTE TIPO 2 TRANSCRITA	142
ANEXO 5. OBSERVACIÓN DIRECTA EN FÁBRICA 1	150
ANEXO 6. OBSERVACIÓN DIRECTA EN FÁBRICA 2	151
ANEXO 7. OBSERVACIÓN DIRECTA EN FÁBRICA 3	152
ANEXO 8. VALORES DE DENSIDAD, CONDUCTIVIDAD Y CAPACIDAD CALORÍFICA DE MATERIALES CONSTRUCTIVOS.	153
ANEXO 9. EXPECTATIVA DE VIDA ÚTIL DE MATERIALES CONSTRUCTIVOS	162
ANEXO 10. FACTORES DE POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL	164
ANEXO 11. FICHA TÉCNICA DE EQUIPO DE EXTRACCIÓN DE AIRE	165

Glosario de siglas y acrónimos

ACV: Análisis de Ciclo de Vida

ASHRAE: Sociedad Americana de Aire Acondicionado (American Society of heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, por sus siglas en inglés)

CO₂: Dióxido de carbono

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Cultura

GEI: Gases Efecto Invernadero

I+D+i: Investigación Desarrollo e innovación

ISO: Organización Internacional de Normalización (International Organization for Standardization, por sus siglas en inglés)

LGAC: Líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento

NMX: Norma mexicana no obligatoria, recomendada por organismos

NOM: Norma Oficial Mexicana obligatoria emitida por dependencia federal

SAGARPA: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

SENASICA: Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria

STPS: Secretaría del Trabajo y Previsión Social de México

TIF: Tipo Inspección Federal

TOG: Trabajo de Obtención de Grado

UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

USGBC: Consejo de la Construcción ecológica de Estados Unidos de América (U.S. Green Building Council, por sus siglas en inglés)

Glosario de términos

En este trabajo se han utilizado distintos términos que tienen que ver específicamente con el tema abordado, los cuales se definen a continuación para hacer clara la lectura del presente documento.

Absortividad solar (α): es la fracción de la energía de radiación incidente sobre una superficie que es absorbida por ésta (Çengel & Ghajar, 2011).

Análisis de Ciclo de Vida: De acuerdo con la norma internacional ISO 14040:2006 el Análisis de Ciclo de Vida se define como “...una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados a un producto: compilando un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema, evaluando los impactos ambientales potenciales asociados a esas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio...” (FDA, 2008).

Arquitectura: es la envolvente que, además de delimitar los espacios que se necesitan para el desarrollo de la vida cotidiana del hombre, los dota de las condiciones necesarias de confort para dicho fin (Núñez et al., 2012).

Calor específico (c_p): es la energía requerida para elevar en un grado la temperatura de una unidad de masa de una sustancia mientras el volumen se mantiene constante $J/(kg \cdot K)$ (Çengel & Ghajar, 2011).

Capacidad calorífica (ρc_p): representa la capacidad de almacenamiento de calor de un material expresada por unidad de volumen ($kJ/m^3 \cdot K$) (Çengel & Ghajar, 2011).

Conductividad térmica (k): es una propiedad física de los materiales, la cual mide la capacidad de estos para conducir el calor ($W/(m \cdot K)$) (Núñez et al., 2012). En donde el calor se transfiere del punto más caliente al más frío como se puede observar en la ilustración 1.

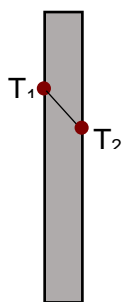


Ilustración 1. Conductividad térmica.
Elaboración propia con datos de (Çengel & Ghajar, 2011).

Confort térmico: esa condición de la mente que expresa satisfacción con el ambiente térmico (ASHRAE, 2013). Hay tres tipos de variables que deben cumplirse para situaciones de confort las cuales son: características del vestido (aislamiento y área total del mismo), características del tipo de trabajo (carga térmica metabólica y velocidad del aire) y características del ambiente (temperatura seca, temperatura radiante media, presión parcial del vapor de agua en el aire y velocidad del aire) (INSHT, 1983).

Densidad (ρ): es una propiedad elemental de los materiales, relacionada con la naturaleza de sus constituyentes y la existencia de espacios vacíos entre ellos. La densidad (ρ) se define como la masa (M) por unidad de volumen (V), y se expresa en: kg/m^3 : $\rho = M / V$ (Alonso, 2013).

Desarrollo sustentable: es un proceso de mejoramiento sostenido y equitativo de la calidad de vida de las personas, fundado en medidas apropiadas de conservación y protección para el medio ambiente, para no comprometer las expectativas de las generaciones futuras (Salinas-Cabrera, 2016).

Difusividad térmica ($\alpha = k/\rho C$): representa la rapidez con la que se difunde el calor a través de un material expresada en m^2/s (Çengel & Ghajar, 2011).

Dióxido de carbono (CO_2): es un gas natural, también es un subproducto de la quema de combustibles fósiles y biomasa, así como los cambios en el uso de la tierra y otros procesos industriales. Es el principal gas de efecto invernadero antropogénico que afecta el balance de radiación de la Tierra. Es el gas de referencia contra el que se miden otros gases de efecto invernadero y, por lo tanto, tiene un potencial de calentamiento global de 1 (IPCC, 2001).

Ecología industrial: es un área de conocimiento que busca que los sistemas industriales tengan un comportamiento similar al de los ecosistemas naturales, transformando el modelo lineal de los sistemas productivos en un modelo cíclico, impulsando las interacciones entre economía, ambiente y sociedad e incrementando la eficiencia de los procesos industriales (Cervantes et al, 2009).

Eficiencia energética: Mientras que la eficiencia energética se refiere a utilizar menos energía para producir la misma cantidad de servicios o resultados útiles (Lawrence et al, 2018).

Emisividad térmica (ϵ): es la propiedad que indica la eficacia con que una superficie emite radiación térmica (Marco, 2015).

Envolvente térmica de un edificio: es el conjunto de todos los cerramientos que separan los recintos habitables y climatizados de un edificio del ambiente exterior, del terreno, y de otros espacios no habitables o no climatizados (Núñez et al, 2012).

Fenómenos de transferencia de calor: el calor es la forma de energía que se puede transferir de un sistema a otro, como resultado de la diferencia de temperatura. La ciencia que trata de la determinación de las razones de esas transferencias de energía es la transferencia de calor. La transferencia de energía como calor siempre se produce del medio que tiene la temperatura más elevada hacia el de temperatura más baja, y la transferencia de calor se detiene cuando los dos medios alcanzan la misma temperatura. El calor se puede transferir de tres maneras distintas: conducción, convección y radiación (Çengel & Ghajar, 2011).

Grados azimut: es el ángulo que forma un cuerpo celeste y el Norte, medido en sentido de rotación de las agujas de un reloj alrededor del horizonte del observador. Determina la dirección de un cuerpo celeste. Por ejemplo, un cuerpo celeste que se halla al Norte tiene un azimut de 0° , uno al Este 90° , uno al Sur 180° y al Oeste 270° (Pons, 2017).

Estado estacionario: es aquel que no tiene cambios en su velocidad ni en su elevación durante un proceso (Cepeda, 2009).

Materiales aislantes: caracterizados por su alta resistencia al paso del calor reduciendo la transferencia de este a su cara opuesta y se definen mediante su conductividad térmica (W/mK), o lo que es lo mismo, aquel que tiene una conductividad muy baja. Mientras que un material conductor tendrá una alta conductividad (Palomo Cano, 2017).

Normalización

Proceso por el cual se regulan las actividades de los sectores tanto privado como público, así como prácticas de comercio, industrial y laboral (SEGOB, 1992).

Normas Internacionales

Las normas o estándares internacionales son el producto del trabajo en conjunto de distintas organizaciones, en donde se ofrecen especificaciones para productos, sistemas y servicios para lograr calidad, seguridad y eficiencia (SEGOB, 1992).

Norma Oficial Mexicana (NOM)

Regulación técnica de observancia obligatoria expedida por dependencias de normalización competentes en conformidad con el artículo 40 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la cual contiene la información, especificaciones, procedimientos, instrumentos de medición y metodologías que deben cumplir los bienes y servicios para comercializarse en México. (SEGOB, 1992).

Norma Mexicana (NMX)

La elaboración de estas normas está a cargo de algún organismo nacional de normalización o bien de la Secretaría de Economía en ausencia de ellos, de conformidad con lo dispuesto por el artículo 54 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización. Las Normas Mexicanas son de aplicación voluntaria y sirven de referencia para determinar la calidad de productos y servicios (SEGOB, 1992).

Peso molar (*PM*): suma de los pesos atómicos relativos de los átomos que constituyen una molécula, su unidad es kg (UNMDP, 2015).

Radiación solar: el flujo de energía que recibimos del Sol en forma de ondas electromagnéticas que permite la transferencia de energía solar a la superficie terrestre (Báez, 2013).

Rastro Tipo Inspección Federal (TIF): Las instalaciones en donde se sacrifican animales y/o procesan, envasan, empacan, refrigeran o industrializan bienes de origen animal y están sujetos a regulación de la SAGARPA en coordinación con el Servicio Nacional de Sanidad, Calidad e Inocuidad Agroalimentaria (SENASICA), de acuerdo con el ámbito de competencia de cada secretaría (SAGARPA & SENASICA, 2015).

Resistencia térmica (R): es la capacidad de un elemento de los materiales para oponerse al flujo de calor, el cual se define como el espesor del elemento entre la conductividad del material ($m^2 \cdot K/W$) (Núñez et al, 2012).

Salud ocupacional: la Salud Ocupacional es una actividad multidisciplinaria dirigida a promover y proteger la salud de los trabajadores mediante la prevención y el control de enfermedades y accidentes y la eliminación de los factores y condiciones que ponen en peligro la salud y la seguridad en el trabajo (Pérez García, 2017).

Sistema constructivo: conjunto de elementos y unidades de un edificio que forman una organización funcional con una misión constructiva común, sea ésta de sostén (estructura) de definición y protección de espacios habitables (cerramientos) de obtención de confort (acondicionamiento) o de expresión de imagen y aspecto (decoración) (Carrió, 2005).

Sistema de climatización: sistema que permite mantener las condiciones de confort higrotérmico en un espacio. Para mantener la temperatura constante se deberá hacer un aporte calorífico o frigorífico y para mantener la humedad relativa constante se deberá tener un sistema de ventilación que renueve el aire interior (Núñez et al, 2012).

Transmitancia (U): se define como la cantidad de energía térmica por unidad de tiempo, la cual, en un estado estacionario, atraviesa una unidad de superficie de un cerramiento, cuando entre sus caras existe una diferencia de un grado centígrado (Núñez et al, 2012).

Vida útil: período después de la construcción o instalación durante el cual el edificio y sus partes cumplen o exceden los requerimientos de rendimiento para lo cual fueron diseñados y contruidos (Hernández Moreno, 2016).

Capítulo 1. Planteamiento del tema



1. Planteamiento del tema

1.1 Delimitación del objeto de desarrollo o innovación

El objeto de desarrollo e innovación de este trabajo es la evaluación del desempeño térmico de la envolvente de las industrias alimentarias en Jalisco, a través de la buena selección de los materiales constructivos durante el proceso de diseño y planeación. Con enfoque en el confort térmico, salud ocupacional y eficiencia energética. Se ha elegido esta tipología de edificación dado que las edificaciones para esta industria requieren de mayor cuidado en los sistemas constructivos debido a la higiene e inocuidad que se requieren en los procesos de producción.

1.1.1 Ubicación en campos disciplinares

El objeto de este proyecto forma parte de la nomenclatura para los campos de las ciencias y las tecnologías de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), dentro del campo de las Ciencias Tecnológicas, en la categoría Tecnología de la Construcción en Edificios Industriales y Comerciales, en donde se definen los métodos constructivos, materiales, normatividad, reglamentos y especificaciones. Así como en la categoría Tecnología del Medio Ambiente en Control de la Contaminación del Aire y en Tecnología de la alimentación en el área de refrigeración. (Sierra, 2000).

Conforme a las modalidades del Trabajo de Obtención de Grado (TOG) que se proponen en los posgrados de sustentabilidad, se ha elegido este tema de acuerdo con los objetivos del trabajo la modalidad de Proyecto Profesionalizante de Desarrollo o Innovación.

Este trabajo, tiene que ver con disciplinas profesionales como: la Arquitectura, en donde a través de la planeación y el diseño de las industrias se decide el sistema constructivo. Así como con la Gestión Ambiental, en donde se analiza el impacto ambiental que se genera al utilizar ciertos materiales constructivos, y, por último, con la Administración Industrial, ya que desde ella se busca tener un uso eficiente de la energía y mayor durabilidad de la edificación.

1.2 Descripción de la situación-problema

En las últimas décadas, las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) generadas por el sector de la construcción han provocado, junto con otras actividades antropogénicas, un aumento de la temperatura media global (IPCC, 2013). Dentro de estos gases, el dióxido de carbono (CO_2), proveniente de la quema de combustibles fósiles, contribuye con el 70% del calentamiento de la tierra (Escudero & Scheelje Bravo, 2003).

La industria de la construcción es responsable de entre el 30% y 40% de las emisiones mundiales de CO_2 , una cantidad de los residuos sólidos y el 12% del agua fresca utilizada (Taipale, 2012). Esto ha derivado en que la atención a la edificación sustentable se haya incrementado por la escasez de recursos naturales y el impacto positivo en los negocios (Ortiz et al., 2012).

Dentro de la industria de la construcción, hay diferentes tipologías de edificación como lo son la vivienda, instituciones educativas o industrias (Trujillano, 2015), para las cuales se requiere la utilización de diversos materiales, mismos que a través de sus distintas etapas de ciclo de vida, como lo es la extracción de materias primas, transformación, transporte, uso y disposición final, tienen un impacto medioambiental, económico y social (Braungart & McDonough, 2005).

En cuanto a la eficiencia energética en los edificios, uno de los mayores consumos de energía en las edificaciones es por concepto de acondicionamiento de aire, la ganancia por radiación solar es la fuente más importante por controlar, lo cual se logra con un diseño adecuado de la envolvente (SE, 2001).

De acuerdo con el Balance Nacional de Energía realizado, hasta el año 2016, en México, el sector de la industria tiene el 30% del consumo final de energía por sector, es la energía total consumida por los usuarios finales, como la vivienda, la industria o la agricultura (SENER, 2016), (ver ilustración 2).

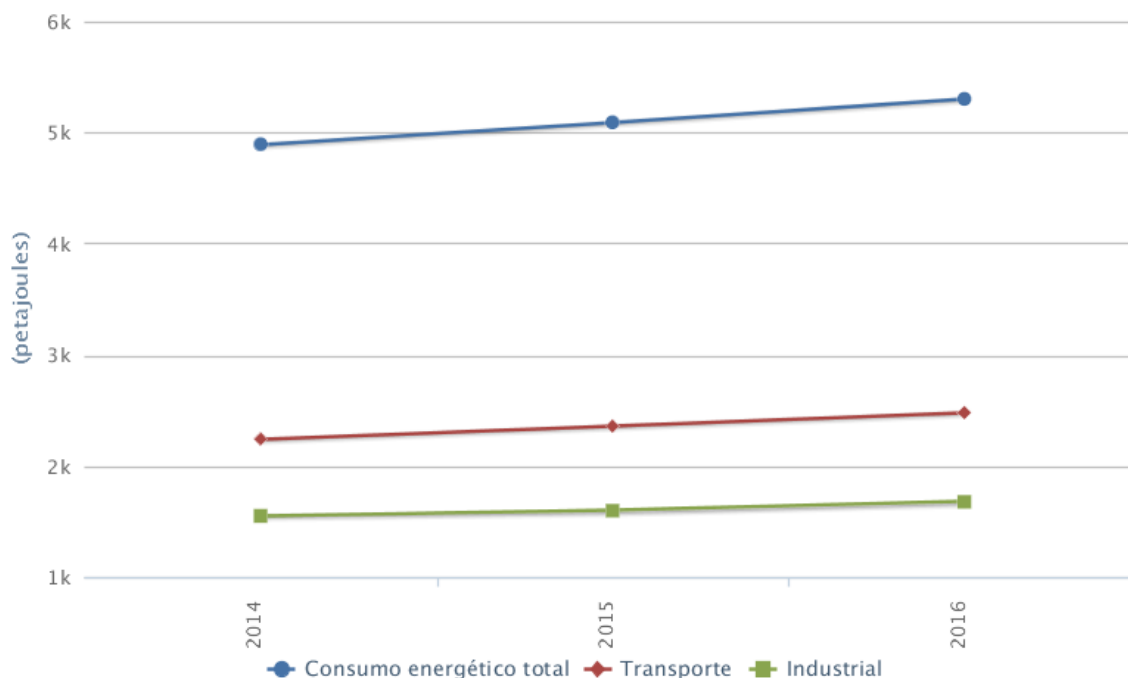


Ilustración 2. Gráfica de consumo de energía final por sector hasta el año 2016. Fuente: (SENER, 2016).

Para regular esto, en México, existen las normas NOM-008-ENER-2001 (SE, 2001) y NOM-020-ENER-2011 (SE, 2011), referentes a la eficiencia energética en edificaciones, respectivamente no residenciales y habitacionales. En donde se busca optimizar el diseño desde el punto de vista del comportamiento térmico de la envolvente. Sin embargo, estas excluyen a edificios de uso industrial, por lo que se carece de lineamientos para evaluar y regular la eficiencia energética de industrias, así como información de la situación en la que se encuentran respecto a este tema.

Por otro lado, de las industrias transformadoras de México, hasta enero del año 2016, el IMSS tuvo un registro de 17, 953,203 puestos de trabajo (Forbes, 2016). Mientras que, entre los países de la OCDE, en promedio, los mexicanos trabajan casi 10 horas al día, en comparación con un promedio de la OCDE de poco más de 8 horas (OCDE, 2014).

La Organización Internacional del Trabajo (OIT), estima que dos millones de personas mueren al año por accidentes o enfermedades relacionadas con el trabajo mientras que. En México, durante el año 2016, 12 mil 622 personas enfermaron a causa de las labores

que realizan y mil 408 fallecieron desempeñando sus labores o a consecuencia de ellas (OMS, 2010).

En la mayoría de los países, los problemas de salud relacionados con el trabajo ocasionan pérdidas que van del 4 al 6% del PIB. Por otro lado, las iniciativas en el lugar de trabajo pueden contribuir a reducir el absentismo por enfermedad en un 27% y los costos de atención sanitaria para las empresas en un 26%, lo cual puede contribuir a disminuir pérdidas (OMS, 2017).

A continuación, se presenta un mapa con los principales riesgos en los lugares de trabajo derivados de las condiciones ambientales, en donde se puede observar que los riesgos tienen como factores los ambiental y los individuales.

Dentro de los factores ambientales tienen influencia tanto la temperatura del aire, la temperatura radiante media como la humedad relativa y la velocidad del aire. En donde la exposición a altos niveles de temperatura, o a una humedad relativa muy alta o muy baja pueden derivar en distintas alteraciones a la salud.

Mientras que en los factores individuales influyen la regulación de la temperatura corporal, el consumo metabólico en el trabajo, el tipo de vestimenta y el nivel de trabajo desarrollado. En donde el aumento o disminución de la temperatura corporal pueden terminar en afectaciones a la salud muy graves o hasta la muerte ya sea por calor o por frío (ver ilustración 3).

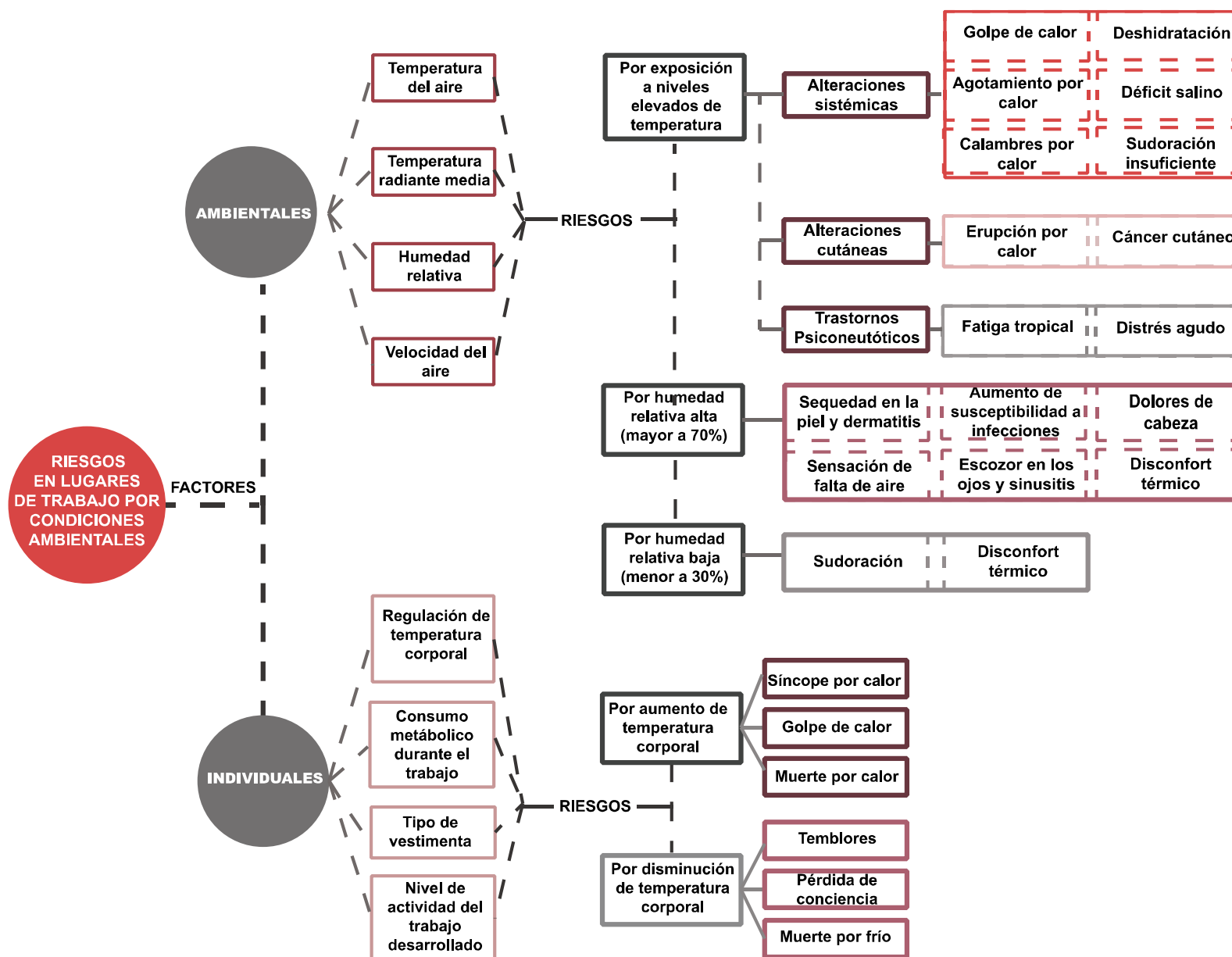


Ilustración 3. Riesgos en lugares de trabajo por condiciones ambientales. Elaboración propia con información de (CCOO Aragón; , FPPRL; , SSLM; , 2006).

El tipo de industria que se trabaja en este proyecto es la de producción de alimentos, de la cual, de acuerdo con el Instituto de Información Estadística y geográfica, en Jalisco, existen 10,014 establecimientos y entre los años 2009 y 2014 hubo un crecimiento del 21% de los mismos (ver tabla 1).

Tabla 1. Establecimientos de industria alimentaria en Jalisco

Clasificación	Concepto	Tamaño de la unidad económica	Unidades económicas (N° de establecimientos)		Tasa de crecimiento %
			2009	2014	
311	Industria Alimentaria	Total	8,262	10,014	21%
		1)Micro	7,643	9,420	23%
		2)Pequeña	453	431	-5%
		3)Mediana	122	113	-7%
		4)Grande	44	50	14%

Fuente: (IIEG, 2018).

Hay 157,297 trabajadores asegurados en la industria de Alimentos y Bebidas hasta febrero del año 2018 (IIEG, 2018). La Secretaría de Economía del Estado de Jalisco, reportó que para el año 2015, había 50 parques industriales y/o tecnológicos en el estado (SE, 2015).

Según la Cámara de la Industria Alimenticia de Jalisco (CIAJ), las compañías del sector alimenticio están divididas en micro, pequeñas, medianas y grandes empresas, las cuales representan el 40% en el PIB de la industria manufacturera en la entidad (Lara, 2015).

Durante el año 2014, la CIAJ realizó un estudio en tema de inversión y los resultados fueron interesantes, pues se destacó que el 64% de las empresas invirtieron en empaque, maquinarias y líneas de producción, mientras que el resto destinó su inversión a temas de administración y logística (Lara, 2015). A través de dicho estudio, se sugiere que estas industrias no han centrado sus esfuerzos en la inversión de cualquier tema relacionado con sustentabilidad y si alguna invirtió en esta área, la cámara no tiene información.

El crecimiento de la industria en el estado ha ido en crecimiento, en gran medida por las exportaciones, según la Secretaría de Desarrollo Económico del Estado de Jalisco. Por lo que se puede inferir que la necesidad de la creación y mejoramiento de industrias va en crecimiento (SEDECO, 2017).

Algunas de las edificaciones industriales en el estado de Jalisco llevan muchos años operando y no cuentan con las instalaciones adecuadas, ejemplo de esto, es la zona industrial de Guadalajara, la cual ha quedado atrapada dentro de la ciudad, con naves industriales construidas hace décadas, frente a modernos parques industriales. Así mismo, esta zona en el año 2013 tenía un 29% de desocupación debido a la migración de las industrias a mejores instalaciones (Velazco, 2013).

Con lo anterior se sugiere que la problemática que se aborda es la falta de información acerca del estado en el que se encuentran las edificaciones de industria alimentaria en Jalisco, acerca de la ganancia térmica por la envolvente y su influencia en el confort térmico y salud ocupacional de los trabajadores de estas empresas. Así como la falta de instrumentos que ayuden a los proyectistas de este tipo de construcciones, a seleccionar los mejores componentes en su sistema constructivo.

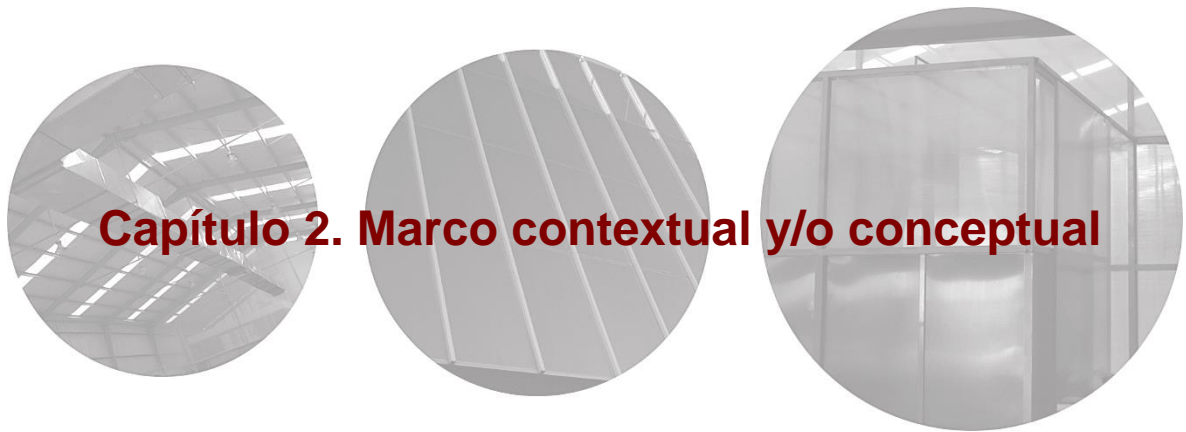
Así como se sugiere, que el no tener las instalaciones adecuadas puede afectar tanto a los propietarios, como a los empleados que trabajan en condiciones no tan favorables. Teniendo un mayor impacto ambiental y económico por la climatización artificial, lo que, además, afecta a la ciudad con estos espacios desocupados, los cuales podrían, o bien, ser mejorados o darles un nuevo uso.

1.3 Importancia del proyecto

En respuesta a la problemática previamente identificada, este proyecto busca atender aquellos paradigmas que los arquitectos, ingenieros o constructores de México tienen actualmente. En particular, en torno al correcto uso de materiales constructivos para edificaciones industriales, específicamente de producción alimentaria. En donde se busca que este trabajo sea una herramienta adicional en la selección correcta de componentes de la envolvente por parte de ingenieros, arquitectos o constructores que utilizan convencionalmente, para mejorar el desempeño medioambiental de sus construcciones.

Con el desarrollo de este proyecto, se busca ofrecer estrategias para la planeación de estas edificaciones que, además, benefician a los empresarios que cuenten con una industria de estas características. Quienes obtendrán ventajas de costo y eficiencia al seleccionar materiales que además de tener menor impacto ambiental, tengan las características térmicas necesarias para mantener el clima necesario dentro de los espacios. Lo que deriva en menor uso de energía por calefacción o enfriamiento, así como tener una empresa que cumpla con estándares de sustentabilidad y salud ocupacional.

Por otro lado, se beneficia a los que trabajan en estas industrias al mejorar la salud ocupacional en los mismos, a la comunidad en donde se ubican las industrias, ya que se disminuye la contaminación ambiental y se generan empleos de calidad.



Capítulo 2. Marco contextual y/o conceptual

2. Marco contextual y/o conceptual

En este capítulo se establece un punto de referencia de todo el análisis documental realizado para encuadrar el contenido y delimitar los objetivos para llegar al diseño aplicativo del proyecto de desarrollo e innovación.

Construcción industrial

A partir de la Revolución Industrial, junto con la máquina de vapor, se sientan las bases de la industria como tal y nace la fábrica, en donde se crearon grandes centros de producción masiva de productos. Las primeras naves industriales se basaron en la arquitectura civil de la época, utilizándose estructuras y materiales como vigas y armaduras de madera sobre muros de carga (Salas, 1981).

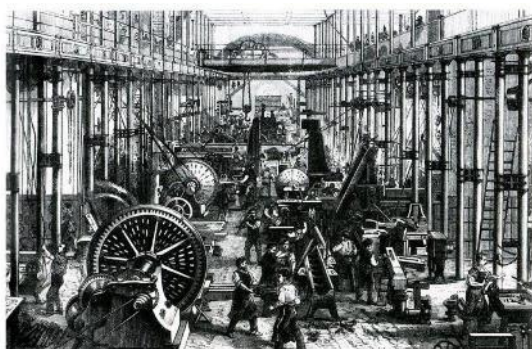


Ilustración 4. Revolución Industrial.
Fuente: (confidencial, 2017).

A principios del siglo XX, apareció el “Taylorismo”, en donde el ingeniero norteamericano Frederick W. Taylor (1856 – 1915) realizó un estudio minucioso de las tareas fabriles con el objetivo de tener más productividad en las empresas y disminuir los costos. Sin embargo, poco se tomaba en cuenta a las personas en estos procesos. Así mismo se comenzaron a utilizar los nuevos materiales que van unidos a la Revolución industrial, como el hierro colado o fundido, el acero laminado, el hormigón armado o el cristal (López & Del Caño Gochi, 2001).

En las últimas tres décadas, algunas de las políticas enfocadas en el desarrollo sustentable, se han dirigido a replantear el modelo tecnológico vigente. Con esto, se ha promovido una transición tecnológica para la sustitución de la tecnología industrial que

contamina por alternativas de bajo impacto ambiental que se basen en el uso de fuentes renovables de energía (Ortiz Moreno et al., 2014).

Por lo que, la construcción industrial se ha ido transformado, con las nuevas tecnologías de la construcción y ecotecnologías, las cuales son un conjunto de técnicas, derivadas de algunas ciencias, las cuales integran a la ecología y la tecnología. Teniendo como objetivo satisfacer las necesidades del ser humano y minimizar el impacto ambiental (Galindo González & Martínez de la Cruz, 2014).

Sustentabilidad y desarrollo sustentable

De acuerdo con (Tetreault, Darcy, 2004), a partir de los años 70's se iniciaron diversas discusiones sobre los problemas ambientales y sus posibles soluciones, hasta llegar a la estrategia a la que se puede llamar modelo dominante de desarrollo sustentable. El cual se define con base en el informe Brundtland como un desarrollo que satisface las necesidades del presente sin disminuir la habilidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas (Bermejo Gómez de Segura, 2014).

La sustentabilidad significa asumirnos como corresponsables de nuestro planeta, de nuestra biosfera, de nuestro equilibrio social y planetario (Boff, 1998). Mientras que, el papa Francisco en la carta encíclica "Laudato sí" (Francisco, 2015), habla de que la inequidad no afecta sólo a individuos, sino a países enteros, y obliga a pensar en una ética de las relaciones internacionales, por lo que se plantea la ecología integral, la cual es inseparable de la noción de bien común.

La sustentabilidad es una construcción social, compleja y dinámica, en cuyos procesos hacia la sustentabilidad hay al menos siete dimensiones entrelazadas, de las cuales son propuestas por Costabeber & Caporal (2000): la ecológica, la social, la cultural, la ética, la política, la económica. Mientras que Morales (2004), propone integrar la epistemológica.

En el año 2015 en el marco de la Cumbre del Desarrollo Sostenible se aprobó la Agenda 2030 en la cual se plantearon 17 objetivos para lograr la sostenibilidad con aplicación universal para el año 2030 (Objetivos de Desarrollo Sustentable, ODS), en donde se

busca que todos los países puedan adoptar las medidas necesarias para prosperar y al mismo tiempo cuidar y proteger al planeta.

Estos objetivos no son de carácter obligatorio, sin embargo, se busca que sean la base para establecer marcos nacionales (Naciones Unidas, 2015), (ver ilustración 5).



Ilustración 5. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Fuente: (Naciones Unidas, 2015).

Construcción sustentable

Según (CIBSE, 2007), una construcción sustentable es un edificio que deja una huella ambiental tan pequeña como sea posible, su ejecución es económica durante todo su ciclo de vida, y se adapta bien a las necesidades de la comunidad local. Así como para (O. Akadiri et al., 2012), un proyecto sustentable es diseñado, construido, renovado, operado o reutilizado de una manera ecológica y eficiente.

Mientras que los edificios tienen un impacto directo en el medio ambiente, que van desde el uso de materias primas durante la construcción, mantenimiento y renovación de la emisión de sustancias nocivas a lo largo de todo el ciclo de vida del edificio (Pacheco-Torgal et al., 2014).

El ciclo de vida de una construcción comprende las maneras en que las estructuras e instalaciones construidas son compradas e instaladas, usadas y operadas, mantenidas

y reparadas, modernizadas y rehabilitadas, y finalmente desmanteladas y demolidas o reutilizadas y recicladas (Bragança & Mateus, 2012).

De acuerdo con el Consejo Mundial de la Construcción verde (WGBC, por sus siglas en inglés), la construcción verde puede contribuir al cumplimiento de los ODS (ver ilustración 5), mejorando la salud y bienestar de las personas, crear empleos e impulsar la economía. El diseño de edificios verdes puede estimular y contribuir a la creación de infraestructura resiliente, utilizando los principios de lo “circular”. En donde los recursos no son desperdiciados, así como a tener edificios que produzcan menos emisiones contaminantes para ayudar a combatir el cambio climático (WGBC, 2016).

Diversos análisis y proyectos se han realizado en torno a la construcción sustentable a nivel internacional, tales como el libro escrito por (Hernández Moreno, 2016), en México, con estrategias para la selección de materiales de construcción basadas en la sustentabilidad a través de su ciclo de vida e impacto ambiental.

Así como algunas evaluaciones de los beneficios de las edificaciones sustentables, hechas en Japón y EUA, los cuales son la reducción de energía y Co₂, ahorros en los costos o mejoras en la salud de los usuarios (Balaban & Puppim de Oliveira, 2016) y (Ries, Robert et al., 2006).

De acuerdo con (San-José et al., 2006), dentro de la sustentabilidad en edificios industriales, se considera que el diseño de estos debe abordarse teniendo en cuenta ciertos macro criterios o requisitos sostenibles. Los cuales son: concepción, materialización, uso y reintegración, que requieren una visión sustentable en todos los niveles posibles: medio ambiente, economía, seguridad social y prevención de riesgos industriales, funcionales e incluso estéticos.

Por otro lado, en cuanto a edificaciones industriales, se han desarrollado proyectos con enfoque en la sustentabilidad. Tal es el caso de (Rai et al., 2010), quienes llevaron a cabo un análisis sobre la importancia de la energía contenida y la huella de carbono en los materiales de construcción de una nave industrial de almacenamiento en Europa, con la metodología de Evaluación de Ciclo de Vida. O el caso de PROLOGIS en Jalisco, en

donde se edificó un almacén en el año 2012 con criterios de sustentabilidad, como el uso de materiales de la región y de baja emisión. (PROLOGIS, 2015).

Mientras que (Juraschek et al., 2018), hablan acerca de cómo la producción industrial y las fábricas urbanas son una parte esencial de las ciudades en crecimiento, aunque comúnmente se asocia con un impacto ambiental negativo. Para identificar la contribución potencial de fábricas urbanas para el desarrollo sostenible y el crecimiento de las ciudades en todo el mundo, las características de los sistemas de producción urbana y su entorno deben corresponder con los ODS.

Eficiencia energética en la edificación

De acuerdo con (Hegger et al., 2008), la eficiencia es la relación entre el resultado obtenido y los medio utilizados. Mientras que la eficiencia energética se refiere a utilizar menos energía para producir la misma cantidad de servicios o resultados útiles (Lawrence et al., 2018).

El entorno construido es un importante contribuyente a las emisiones de CO_2 en el mundo, con una cantidad considerable de energía que se consume en los edificios debido a la calefacción, ventilación, aire acondicionado, iluminación espacial, uso de electrodomésticos, etc., para facilitar diversas actividades antropogénicas (H. Wu et al., 2015).

Mientras que la eficiencia energética en edificios representa un esfuerzo encaminado a mejorar el desempeño térmico de la envolvente para lograr el confort de sus ocupantes consumiendo la mínima cantidad de energía (Rivera-Montoya, 2015).

La eficiencia energética de un edificio se determina por medio de un cálculo o la medición del consumo de energía que se necesita para satisfacer durante un año la demanda de energía del edificio en condiciones normales de funcionamiento y ocupación, a través de una metodología para realizar una calificación energética (MIET, 2014).

Para la certificación de eficiencia energética existen varias metodologías normadas a nivel internacional como es el caso de España, a través de la calificación de la eficiencia energética de los edificios (IDAE, 2015). O el programa de certificación internacional

orientada a la realización de planes de medición y verificación para proyectos de eficiencia energética de Chile (AGE, 2015).

Mientras que, en Estados Unidos de América, cuentan con la certificación Energy Star (Star, 2016). En México, existen dos normas para esta certificación las cuales son la NOM-008-ENER-2001 (SE, 2001) y la NOM-020-ENER-2011 (SE, 2011), para edificaciones no residenciales y habitacionales respectivamente.

Así mismo, existen ejemplos de edificaciones que han adoptado estrategias para la eficiencia energética, como es el caso de la empresa Unilever en cooperación con la empresa de logística Kuehne + Nagel (K+N), almacén en Tiel, Holanda. En donde se centra el proyecto en el medio ambiente y la sustentabilidad son puntos centrales, para lo cual se realizó un análisis en donde se observaron posibilidades en el aislamiento de la edificación (Mulder, 2013), (ver ilustración 6).



Ilustración 6. Kuehne + Nagel Holanda. Fuente:
<https://www.kn-portal.com/locations/>

Confort térmico y salud ocupacional

La envolvente de una edificación tiene la tarea de crear condiciones interiores seguras, sanas y agradables para el tipo de uso respectivo, aunque algunas de las condiciones del entorno difieran considerablemente (Hegger et al., 2008).

Según (Mayorga Cervantes, 2012), existe una problemática, en la cual, los profesionales de la arquitectura desconocen en general cómo actúan los elementos climáticos dentro de los edificios. Así como la falta de la consideración de variables para la mejor toma de

decisiones en el proceso de diseño arquitectónico, como lo es el que el ser humano es un ente activo que participa en la construcción del confort térmico.

Los factores que afectan al confort térmico, según el estándar 55 de ASHRAE (2013), son: temperatura, radiación, humedad y movimiento del aire, donde también se mencionan factores personales como la actividad metabólica y la ropa utilizada.

Cuando el confort térmico no es adecuado se implementan sistemas de enfriamiento o calefacción, según sea el caso, para nivelar la temperatura del cuerpo humano, un aire acondicionado se enciende en temperaturas mayores a 30°C y la calefacción cuando es menor a 10°C (SENER, 2011).

Según el RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en la edificación) (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, España, 2013). El cual tiene aplicabilidad en España, las condiciones de temperatura interiores de confort deber ser durante el verano entre 23 °C y 25 °C, mientras que en invierno entre 20 °C y 23 °C para personas con actividad ligera.

De acuerdo con (OMS, 2010), un lugar de trabajo saludable *“es aquel en el que los trabajadores y el personal superior colaboran en la aplicación de un proceso de mejora continua para proteger y promover la salud, seguridad y bienestar de todos los trabajadores y la sostenibilidad del lugar de trabajo”*. Mientras que, en el Plan de Acción Mundial de la OMS, uno de los objetivos que se plantean es el de integrar la salud de los trabajadores en otras políticas.

Transferencia de calor a través envolvente de la edificación

Las condiciones de confort interior tratadas anteriormente, se ven afectadas por el flujo de calor que se produce entre el interior y el exterior, ya sea perdiendo energía en climas fríos o ganándola en climas cálidos. Dicha pérdida o ganancia de energía tiene que ser compensada por alguna fuente de energía calorífica o frigorífica en el interior para lograr condiciones de confort, como los son los sistemas de climatización artificial (Núñez, Aramburu & Botrán, 2012).

Por lo que, en el diseño bioclimático, en el cual, de acuerdo con (Widera, 2015), se busca aprovechar las condiciones bioclimáticas locales con el beneficio del entorno natural y construido con un enfoque de construcción segura y cómoda sin dañar al medio

ambiente. Se requiere que los materiales que conforman la envolvente arquitectónica sean seleccionados de acuerdo con el clima del lugar, para lograr mejorar el confort térmico en el interior de la edificación sin hacer uso de sistemas electromecánicos de acondicionamiento para enfriamiento o calefacción (Barrios et al., 2010).

De acuerdo con (Çengel & Ghajar, 2011), los mecanismos de transferencia de calor básicos son la conducción, la convección y la radiación (para ver sus definiciones ir a glosario), los cuáles se pueden observar en la ilustración 7, en el ejemplo de un muro de y el interior de una construcción.

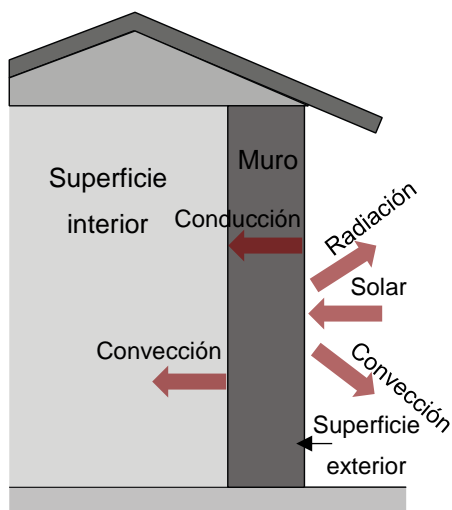


Ilustración 7. Mecanismos de transferencia de calor. Elaboración propia con datos de (Çengel & Ghajar, 2011).

Normativa

A continuación, se detalla la normativa que se ha encontrado a través del proceso de investigación del presente trabajo y la cual es aplicable para los temas desarrollados en el mismo, como lo son la salud ocupacional en áreas de trabajo, confort térmico, eficiencia energética y edificación sustentable.

En la ilustración 8, se muestran las normas de acuerdo con su origen, ya sea internacional o nacional, así como la descripción del área de aplicabilidad de cada una.

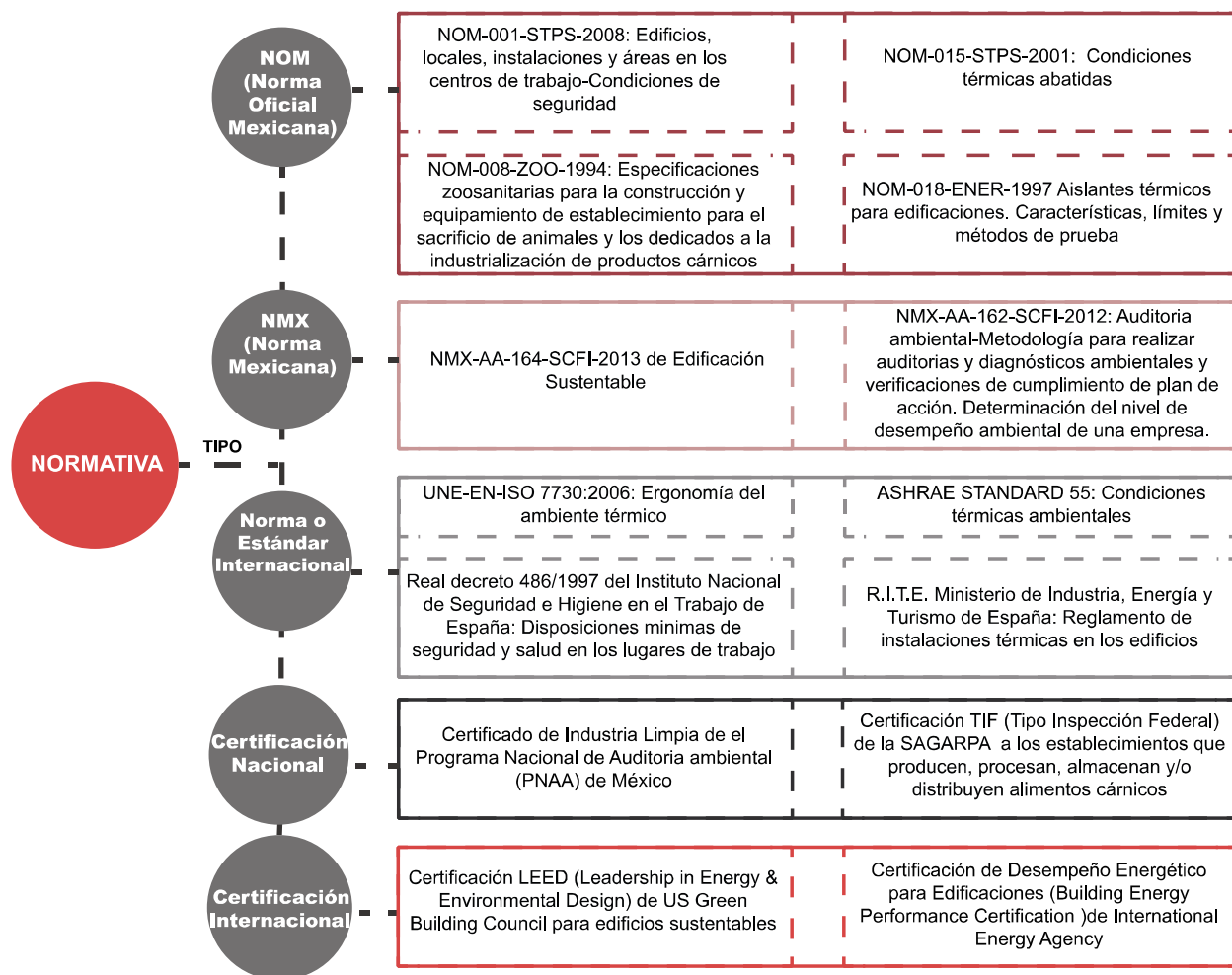


Ilustración 8. Mapa de normativa. Elaboración propia con datos de: (AENOR, 2006), (ASHRAE, 2013), (INSHT, 1998), (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, España, 2013), (SAGARPA & SENASICA, 2015), (PROFEPA, 2013), (SE, 2011), (SENASICA, 1994), (SEMARNAT, 2013), (PROFEPA; , SEMARNAT, 2012), (USGBC, 2018) y (IEA, 2010).

Capítulo 3. Diseño metodológico



3. Diseño metodológico

Objeto de estudio empírico

La influencia de los componentes de la envolvente en edificaciones destinadas a la producción de alimentos en el estado de Jalisco de en el confort térmico, la salud ocupacional y la eficiencia energética.

3.1 Preguntas generadoras

3.1.1 Pregunta general

¿Cómo elegir los componentes adecuados para la envolvente de edificaciones industriales dedicadas a la producción de alimentos en Jalisco, que influyan positivamente en la salud ocupacional, confort térmico y eficiencia energética?

3.1.2 Preguntas particulares

- ¿Cuáles son los componentes constructivos que conforman la envolvente de estas industrias y cuáles son sus características?
- ¿Cuál es el impacto en el confort térmico, salud ocupacional y eficiencia energética del uso de ciertos componentes de la envolvente, así como de la implementación de equipos de climatización artificial?
- ¿Cuáles son las estrategias y tecnologías que podrían adoptar las industrias para climatizar sus espacios de manera eficiente?

3.2 Supuestos de trabajo

3.2.1 Supuesto general

Al desarrollar una guía de selección componentes para industrias alimentarias con base en su influencia en el confort térmico, salud ocupacional y eficiencia energética, se aportará una herramienta metodológica para la evaluación del comportamiento térmico y energético de la envolvente. La cual apoye generar un diagnóstico, así como a la planeación y mejoramiento de estas edificaciones para promover la construcción industrial con criterios de sustentabilidad.

3.2.2 Supuestos particulares

- Con el análisis y trabajo de campo en las industrias alimentarias, se aportará con un diagnóstico de la situación actual respecto a sistemas constructivos de las edificaciones de la industria alimentaria en Jalisco.
- A través del monitoreo y observación directa se obtendrán datos cuantitativos y cualitativos reales, para determinar la influencia de los componentes de la envolvente en el confort térmico, salud ocupacional y eficiencia energética de los espacios interiores.
- Con el desarrollo de una guía de selección de componentes para la envolvente de industrias alimentarias comprendida por una calculadora de transferencia de calor y estrategias de planeación y mejora, se aportará con una metodología para el desarrollo de proyectos de edificaciones con estas características particulares.

3.3 Objetivos

3.3.1 Objetivo general

Diseñar una metodología de selección de componentes en la envolvente de edificaciones con uso industrial para la producción de alimentos en el estado de Jalisco, México, con base en criterios de sustentabilidad referentes al impacto ambiental, confort térmico, a la salud ocupacional y la eficiencia energética.

3.3.2 Objetivos particulares


- Caracterizar los componentes de la envolvente de tres naves industriales dedicadas a la producción de alimentos en el estado de Jalisco y realizar un diagnóstico de
- Hacer un análisis de impacto ambiental a la salud ocupacional, confort térmico y eficiencia energética, derivados de la composición de la envolvente de las naves industriales de producción de alimentos.
- Diseñar una herramienta para la evaluación de transferencia de calor de los materiales que componen la envolvente. Así como desarrollar una guía para la selección de estos, comprendida por estrategias y tecnologías apropiadas para las industrias.

3.4 Cuadro de operacionalización

Se ha elaborado una operacionalización del proyecto, en donde se alinean las preguntas, supuestos y objetivos de este, para observar su interrelación y correspondencia se plantean los conceptos que los rigen, los observables o variables dentro de cada uno, las técnicas utilizadas y el cronograma de actividades.

Con esto se pueden comprender las pretensiones del trabajo, para que, en los siguientes capítulos se observe la pertinencia y congruencia de los esfuerzos llevados a cabo (ver tabla 2).

Tabla 2. Cuadro de operacionalización

Maestría en Proyectos y Edificación Sustentables																			 ITESO INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE				
Título:		Guía de componentes para la envolvente de edificaciones industriales alimentarias en Jalisco para la eficiencia energética y salud ocupacional																					
Maestranda:		Ixchel Rowena Figueroa Martínez										Tutor		Mtro. Marco Antonio Castillo Cuevas									
Situación problema	Preguntas	Hipótesis o supuesto	Objetivos	Categorías o conceptos ordenadores	Observables (Unidad de análisis ó variables ó indicadores)	Técnica	Cronograma																
							2017-2018																
							E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M
<p>Se sugiere que la problemática que se aborda es la falta de información acerca del estado en el que se encuentran las edificaciones de industria alimentaria en Jalisco, acerca de la ganancia térmica por la envolvente y su influencia en el confort térmico y salud ocupacional de los trabajadores de estas empresas. Así como la falta de instrumentos que ayuden a los proyectistas de este tipo de construcciones, a seleccionar los mejores componentes en su sistema constructivo.</p> <p>Se piensa, que el no tener las instalaciones adecuadas puede afectar tanto a los propietarios, como a los empleados que trabajan en condiciones no tan favorables, teniendo un mayor impacto ambiental y económico por la climatización artificial, lo que además afecta a la ciudad con estos espacios desocupados, los cuales podrían, o bien, ser mejorados o darles un nuevo uso.</p>	<p>¿Cómo elegir los componentes adecuados para la envolvente de edificaciones industriales dedicadas a la producción de alimentos en Jalisco, que influyan positivamente en la salud ocupacional, confort térmico y eficiencia energética?</p>	<p>Al desarrollar una guía de selección componentes para industrias alimentarias con base en su influencia en el confort térmico, salud ocupacional y eficiencia energética, se aportará una herramienta metodológica para la evaluación del comportamiento térmico y energético de la envolvente, la cual apoye generar un diagnóstico, así como a la planeación y mejoramiento de estas edificaciones para promover la construcción industrial con criterios de sustentabilidad.</p>	<p>Diseñar una metodología de selección de componentes en la envolvente de edificaciones con uso industrial para la producción de alimentos en el estado de Jalisco, México, con base en criterios de sustentabilidad referentes al impacto ambiental, confort térmico, a la salud ocupacional y la eficiencia energética</p>	<p>Sustentabilidad, Construcción sustentable, eficiencia energética, confort térmico, salud ocupacional.</p>	<p>a) Transferencia de calor a través de los materiales b) Condiciones climatológicas c) Condiciones laborales d) Riesgos laborales por temperaturas altas o bajas e) climatización artificial</p>	<p>a) Observación directa b) Revisión documental c) Levantamiento fotográfico d) Entrevistas e) Monitoreo de temperatura</p>																	
	<p>1. ¿Cuáles son los componentes constructivos que conforman la envolvente de estas industrias y cuáles son sus características?</p>	<p>Con el análisis y trabajo de campo en las industrias alimentarias, se aportará con un diagnóstico de la situación actual respecto a sistemas constructivos de las edificaciones de la industria alimentaria en Jalisco.</p>	<p>Caracterizar los componentes de la envolvente de tres naves industriales dedicadas a la producción de alimentos en el estado de Jalisco y realizar un diagnóstico de</p>	<p>Industrias de producción alimentaria en el estado de Jalisco y sus envolventes</p>	<p>a) Muros b) Cubierta c) Ventilación d) Sistemas de enfriamiento o calefacción</p>	<p>a) Observación directa b) Revisión documental c) Levantamiento fotográfico</p>																	
	<p>2. ¿Cuál es el impacto en el confort térmico, salud ocupacional y eficiencia energética del uso de ciertos componentes de la envolvente, así como de la implementación de equipos de climatización artificial?</p>	<p>A través del monitoreo y observación directa se obtendrán datos cuantitativos y cualitativos reales, para determinar la influencia de los componentes de la envolvente en el confort térmico, salud ocupacional y eficiencia energética de los espacios interiores.</p>	<p>Hacer un análisis de impacto ambiental a la salud ocupacional, confort térmico y eficiencia energética, derivados de la composición de la envolvente de las naves industriales de producción de alimentos.</p>	<p>Transferencia de calor por medio de la envlvnte</p>	<p>a) Temperatura interior b) Temperatura exterior c) Resistencia térmica de los materiales</p>	<p>a) observación directa b) Revisión documental</p>																	
	<p>3. ¿Cuáles son las estrategias y tecnologías que podrían adoptar las industrias para climatizar sus espacios de manera eficiente?</p>	<p>Con el desarrollo de una guía de selección de componentes para la envolvente de industrias alimentarias comprendida por una calculadora de transferencia de calor y estrategias de planeación y mejora, se aportará con una metodología para el desarrollo de proyectos de edificaciones con estas características particulares.</p>	<p>Diseñar una herramienta para la evaluación de transferencia de calor de los materiales que componen la envolvente. Así como desarrollar una guía para la selección de estos, comprendida por estrategias y tecnologías apropiadas para las industrias.</p>	<p>Salud ocupacional en industrias y Análisis de Ciclo de Vida</p>	<p>a) Confort térmico b) Impacto de ciclo de vida c) Eficiencia energética d) Sistemas de ventilación y enfriamiento</p>	<p>a) Revisión documental b) Monitoreo de temperatura</p>																	

Fuente: elaboración propia.

3.5 Elección metodológica

“La meta de la investigación mixta no es reemplazar a la investigación cuantitativa ni a la investigación cualitativa, sino utilizar las fortalezas de ambos tipos de indagación, combinándolas y tratando de minimizar”.

Roberto Hernández-Sampieri, 2014.

El desarrollo de este trabajo se basa en una metodología mixta, en donde se mezclan los enfoques cualitativo y cuantitativo. Los métodos mixtos representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio (Hernández-Sampieri et al., 2014).

Se han elegido para su análisis y diagnóstico, tres edificaciones de uso industrial, las cuales tienen en común la producción alimentaria, debido a que este tipo de industria tiene especificaciones acerca de inocuidad e higiene, lo cual requiere más atención en los sistemas constructivos, ya que solo ciertos materiales pueden ser utilizados. La primera se encuentra en el municipio de Zapotlanejo, en donde se procesan alimentos cárnicos. La segunda se encuentra ubicada en el municipio de La Barca, en donde se llevan a cabo actividades de rastro T.I.F. y, por último, la tercera, ubicada en el municipio de Guadalajara, dedicada a la fabricación de dulces. Las tres localizadas en el estado de Jalisco.

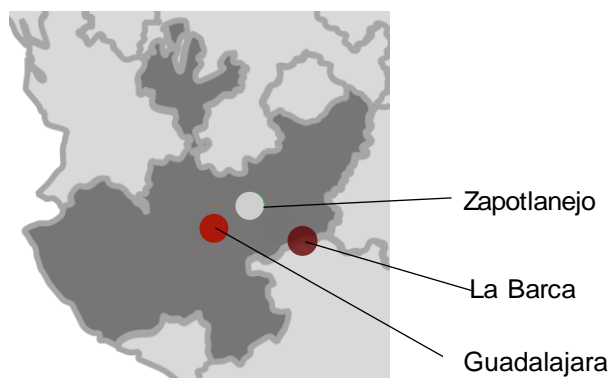


Ilustración 9. Ubicación de industrias analizadas. Elaboración propia con imagen de (Freepik, 2017).

3.6 Selección de técnicas y diseño de instrumentos

En el presente proyecto se han utilizado técnicas, en donde, a través de los instrumentos diseñados se obtenga información, tanto cualitativa como cuantitativa acerca de las industrias analizadas, estos datos se utilizan en el diseño aplicativo de la solución del TOG, así como en el análisis de resultados.

3.6.1 Revisión documental

De acuerdo con (Baena, 1985) *“la investigación documental es una técnica que consiste en la selección y recopilación de información por medio de la lectura y crítica de documentos y materiales bibliográficos, de bibliotecas, hemerotecas, centros de documentación e información”*.

A lo largo de la elaboración del presente proyecto se ha realizado de manera extensa, la cual se ve reflejada en el capítulo 1, en el planteamiento del tema, al igual que en el capítulo 2, el cual trata de los antecedentes, marco conceptual y marco contextual.

3.6.2 Observación directa

Objetivo: reconocer y registrar los sistemas constructivos de las industrias alimentarias que se analizan, así como sus características térmicas, teniendo como determinante la salud ocupacional y el tipo de alimentos elaborados en el lugar.

Observables: el enfoque de observación se centra en los componentes físicos del espacio construido, condiciones climatológicas, modificaciones a la edificación por clima o por producción de alimentos fríos o calientes.

Como se puede observar en la tabla 3, la observación directa se basa en dos focos de atención: los componentes de la envolvente, el confort térmico y la salud ocupacional. El primero, debido a que los materiales utilizados en la construcción tienen distintos calores de transferencia de calor del exterior al interior. Mientras que, en el segundo foco de atención, se ha buscado recabar información acerca de otros factores que influyen en el confort térmico, como los son los equipos de climatización artificial o la maquinaria la cuál puede ser una fuente de calor.

Tabla 3. Focos de atención de Observación Directa

Foco de atención 1 Componentes de la envolvente	Observables concretos <ul style="list-style-type: none">-Piso-Muros-Tipo de estructura-Puertas-Ventanas-Cubierta-Recubrimientos
Foco de atención 2 Salud ocupacional y confort térmico	Observables concretos <ul style="list-style-type: none">-Tipo de ventilación-Equipo de calefacción-Equipo de enfriamiento-Tipo de maquinaria en la producción

Focos de atención de la observación directa. Fuente: Elaboración propia

Lugar de observación 1: empresa procesadora de alimentos cárnicos. Zapotlanejo, Jalisco.

Fecha para la actividad: abril de 2017, de las 8:00 a las 11:00 horas

Materiales necesarios: cámara fotográfica, formatos de llenado, pluma, lápiz, borrador y libreta.

Responsable de la actividad: Arq. Ixchel Rowena Figueroa Martínez

Lugar de observación 2: rastro T.I.F. La Barca, Jalisco.

Fecha para la actividad: septiembre de 2017, de las 11:00 a las 14:00 horas

Materiales necesarios: cámara fotográfica, formatos de llenado, pluma, lápiz, borrador y libreta.

Responsable de la actividad: Arq. Ixchel Rowena Figueroa Martínez

Lugar de observación 3: empresa dedicada a la fabricación de dulces. Zona industrial, Guadalajara, Jalisco.

Fecha para la actividad: septiembre de 2017, de las 09:00 a las 11:00 horas

Materiales necesarios: cámara fotográfica, formatos de llenado, pluma, lápiz, borrador y libreta.


Responsable de la actividad: Arq. Ixchel Rowena Figueroa Martínez

En formato de observación directa (ver tabla 4), primero se deben llenar los datos de la empresa que se visita. Tales como el nombre del establecimiento, el nombre de la persona con la que se hace el contacto, la localización de las instalaciones, así como la fecha y hora de aplicación de la técnica.

A continuación, hay que observar los componentes de la envolvente, para anotar los materiales que conforman cada parte de ella.

Por último, es necesario observar y preguntar acerca de los sistemas de climatización artificial que se utilizan, buscando especificaciones como el modelo del equipo o energía que requiere para trabajar, así como la cantidad de equipos con la que se cuenta en el lugar. La maquinaria en la producción, con el objetivo de conocer si es una máquina que emite suficiente calor como para influir en el ambiente. El tipo de vestimenta de los empleados, como lo son pantalones, camisa de manga larga, etc. así como cuántas personas trabajan en el área observada y el horario de trabajo.

Tabla 4. Formato de Observación Directa

Maestría en Proyectos y Edificación Sustentables					
Título:	Guía de componentes para la envolvente de edificaciones industriales alimentarias en Jalisco para la eficiencia energética y salud ocupacional				
Maestranda:	Ixchel Rowena Figueroa Martínez	Tutor:	Mtro. Marco Antonio Castillo Cuevas		
Formato de levantamiento de instrumento de Observación Directa					
Observación Directa en:					
Establecimiento:	Localización:		Fecha:		
Director o gerente:			Hora de aplicación:		
		De:		a:	
Foco de atención 1	Observables concretos	Materiales	Foco de atención 2	Observables concretos	Descripción / Cantidad
Componentes de la envolvente	a) Piso / losa		Salud ocupacional y confort térmico	a) Ventilación	
	b) Muros			b) Equipo de calefacción	
	c) Estructura			c) Equipo de enfriamiento	
	d) Puertas			d) Maquinaria de producción	
	e) Cubierta			e) Vestimenta de empleados	
	f) Ventanas			f) Número de empleados en área de producción	
	g) Recubrimientos			g) Horas de trabajo por turno	

Fuente: Elaboración propia

Nota: los formatos llenos con la información de cada fábrica se pueden ver en los anexos 5, 6 y 7.

3.6.3 Levantamiento fotográfico

Se llevó a cabo un levantamiento fotográfico durante las visitas de cada fábrica con el objetivo de ilustrar y documentar lo observado, desde los componentes de la envolvente, maquinaria, el personal, equipos de climatización, lo cual es de ayuda cuando en la empresa no cuentan con datos como la energía que utilizan los equipo. Mientras que con las fotografías se pueden ver los modelos y buscar sus especificaciones. Hasta documentar la instalación de los monitores de temperatura y humedad que se muestran en el siguiente capítulo.

3.6.4 Entrevista semiestructurada

La entrevista semiestructurada, ayuda para tener una plática con personas involucradas en la industria alimentaria, así como en la construcción de sus instalaciones para obtener datos de primera mano.

Se han aplicado a dos tipos de individuos para la obtención de información, una será a arquitectos, ingenieros o constructores de naves industriales en Jalisco, la otra tendrá como objetivo entrevistar a los encargados o dueños de las empresas que se observarán a lo largo de este trabajo.

Con estas entrevistas se ha buscado abordar temas como la situación actual de la edificación de las industrias desde la perspectiva de las personas que toman las decisiones acerca de esto. Así como saber si tienen conocimiento de temas de sustentabilidad, si han aplicado criterios de sustentabilidad en sus empresas o proyectos constructivos, así como la aplicación de normativa y sus apreciaciones sobre el futuro que puede tener este sector.

Objetivo: Establecer conversaciones con personas expertas en edificación de industrias y con encargados o propietarios de industrias dedicadas a la producción de alimentos en Jalisco, para obtener información de los principales actores en la toma de decisiones acerca del funcionamiento de estos establecimientos de manera cualitativa.

Perfiles requeridos de los informantes:

1. Arquitecto, ingeniero o constructor de naves industriales dedicadas a la producción alimentaria, mediante tal conversación se busca obtener conocimiento de la situación actual de este tipo de edificación, los sistemas constructivos más utilizados y la perspectiva de sustentabilidad desde su punto de vista.
2. Encargado o propietario de establecimientos de producción de alimentos en Jalisco, buscando conocer su perspectiva sobre la situación actual y a futuro de este tipo de industria a través de aspectos como el confort térmico, salud ocupacional, eficiencia energética y el ámbito social.

Elementos que deben ser considerados en la entrevista:

Las entrevistas han sido realizadas por la maestranda Ixchel Rowena Figueroa Martínez.

Consideraciones para las entrevistas:

Materiales necesarios: grabadora de voz. Guía preelaborada de entrevista, lápiz, borrador, ropa recomendada.

Citas: solicitar la entrevista con una anticipación mínima de 8 días.

Temas para abordar en la entrevista:

Guía de entrevista

Tema 1 “Construcción de industrias en Jalisco”

Subtemas

- 1.1 Descripción de la situación actual de la industria
- 1.2 Sistemas constructivos de naves industriales
- 1.3 Salud ocupacional en la industria
- 1.4 Normatividad en industria alimentaria
- 1.5 Industria en el futuro cercano
- 1.6 Industria y medio ambiente

Los detalles de las entrevistas, así como la transcripción de estas se pueden ver en los anexos 1,2 y 3 de este documento.

3.7 Etapas del Trabajo de Obtención de Grado

El presente TOG, se ha trabajado durante distintas etapas, en las cuales se han enfocado los esfuerzos en distintas líneas de trabajo para la obtención de datos necesarias para llevar a cabo las distintas evaluaciones e interpretaciones para llegar a los resultados planteados en los objetivos.

En la **etapa 1**, se trabajó en la revisión documental de los conceptos en los que se basa el presente proyecto, como los son: el confort térmico, la salud ocupacional y la eficiencia energética. Se llevó a cabo el trabajo de campo para recabar los datos requeridos como características del sistema productivo realizado en las industrias, los sistemas constructivos sus envolventes, la utilización de sistemas de climatización artificial y cuáles posibles mejoras se pueden tener en estos aspectos (ver ilustración 10).



Ilustración 10. Etapa 1 de TOG. Elaboración propia.

En la **etapa 2**, se realizó un análisis del déficit de confort térmico y salud ocupacional en cada una de las industrias, a través de un monitoreo de temperatura y humedad relativa, datos climatológicos de las zonas en donde se encuentran estas, la revisión e interpretación de la normativa existente en materia de confort térmico y salud ocupacional y datos específicos de cada nave industrial. Como los horarios laborales y el tipo de maquinaria utilizada en la producción de alimentos para conocer su influencia en las condiciones de confort (ver ilustración 11).

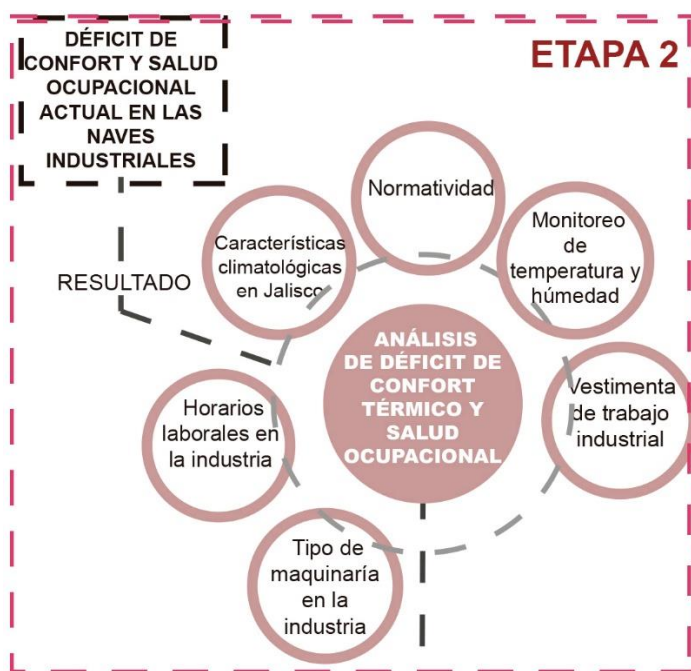


Ilustración 11. Etapa 2 TOG. Elaboración propia.

En la **etapa 3**, se analizó la eficiencia energética, con base en el monitoreo y datos mencionados anteriormente, el gasto de energía por sistemas de ventilación artificial y enfriamiento, así como las emisiones generadas por este concepto y los costos económicos que conllevan (ver ilustración 12).

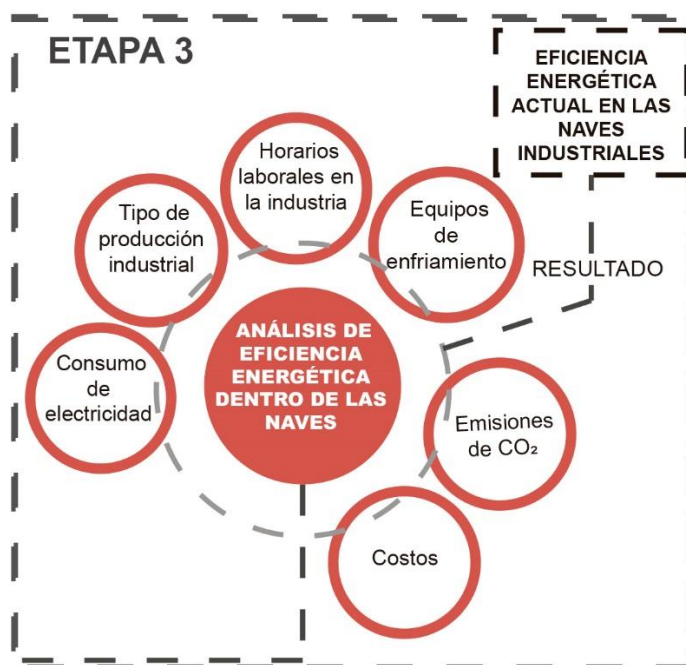


Ilustración 12. Etapa 3 TOG. Elaboración propia.

En la **etapa 4**, se desarrolló una calculadora de transferencia de calor en muros o cubiertas en colaboración con el Proyecto de Aplicación Profesional (PAP) Materioteca y sustentabilidad del ITESO. En donde se analizan los componentes de estos elementos con base en diversos factores como la conductividad térmica, radiación solar, entre otras, para poder obtener una temperatura interior calculada. Con la cual se pueden simular con distintos materiales constructivos para conocer su comportamiento térmico (ver ilustración 13).

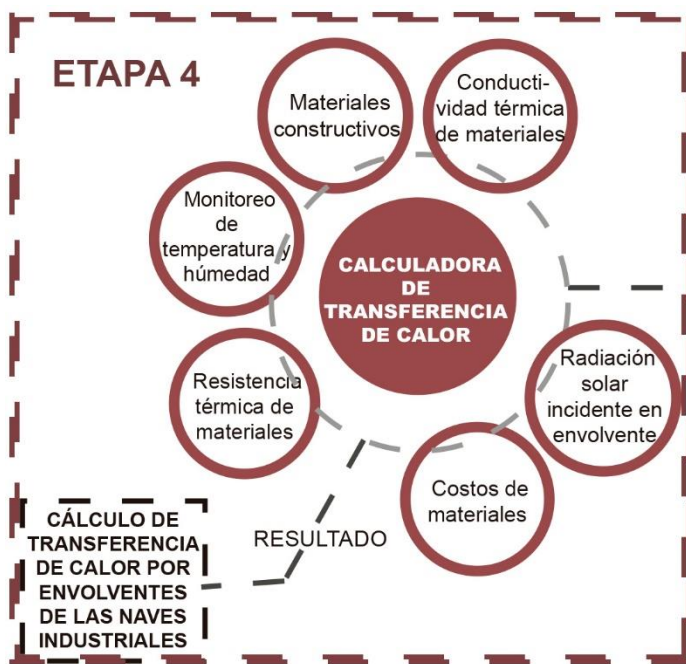


Ilustración 13. Etapa 4 TOG. Elaboración propia.

Por último, en la etapa 5, se analizaron los resultados de las etapas anteriores para elaborar una guía de selección de componentes para la envolvente, incluyendo las estrategias de mejora que se encontraron en el proceso (ver ilustración 14).

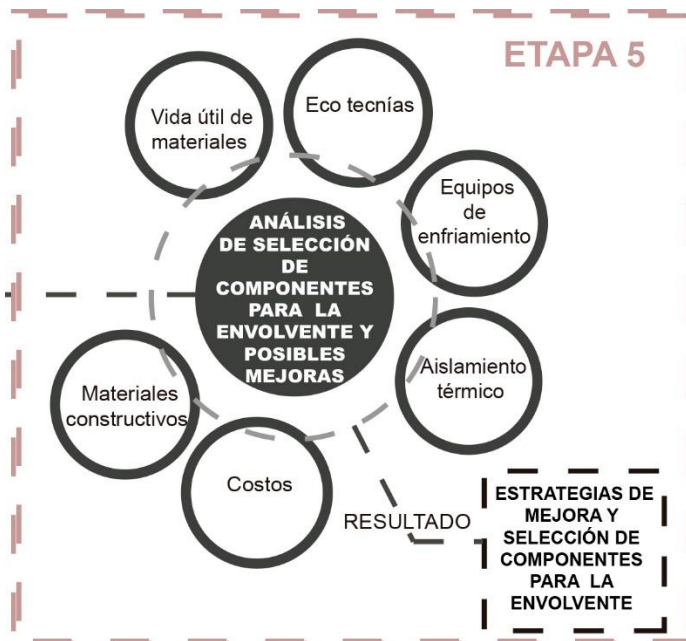


Ilustración 14. Etapa 5 TOG. Elaboración propia.

Por lo que a continuación se presenta la ilustración 15, en la cual se muestran todas las etapas para observar la interrelación que existe entre ellas.

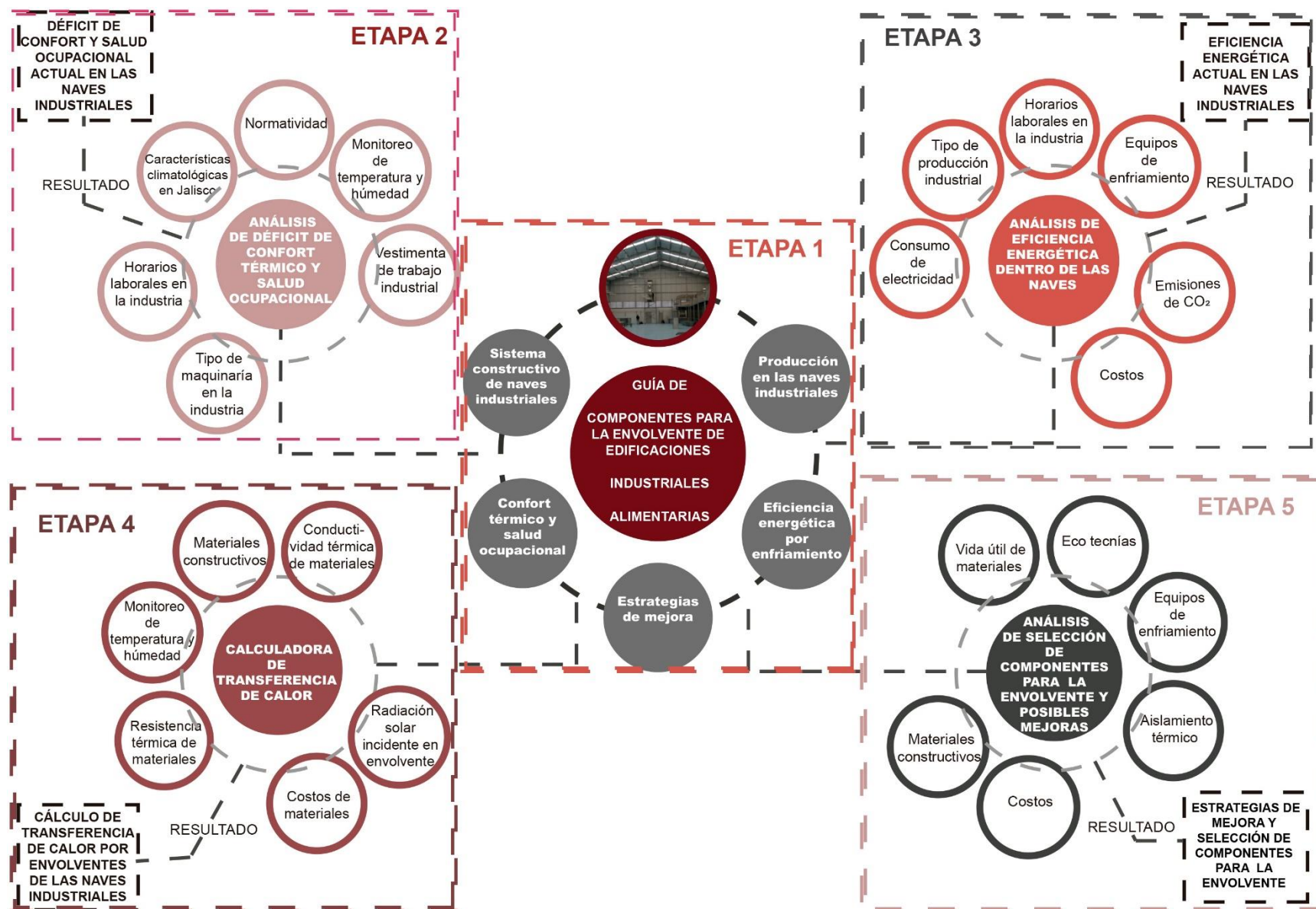



Ilustración 15. Etapas de trabajo para obtención de grado, Elaboración propia.



Capítulo 4. Análisis, desarrollo de la propuesta y resultados

4. Análisis, desarrollo de la propuesta y resultados

El presente capítulo trata del análisis e interpretación de la investigación, así como de los instrumentos y técnicas utilizados para la obtención de datos. Siendo este el sistema medular del trabajo, con el cual se lleva a cabo una síntesis de los datos analizados, así como los hallazgos aprovechables para dar paso al diseño de la propuesta objeto del proyecto de desarrollo o innovación.

4.1 Síntesis interpretativa de los datos analizados

4.1.1 Revisión documental

A través de esta técnica de investigación, se han obtenido datos de suma importancia para el desarrollo del trabajo, a continuación, se presentan de acuerdo con los conceptos principales planteados.

Parámetros de confort de acuerdo con la normativa

Se llevó a cabo un análisis de la normativa existente tanto nacional como internacional referente a la salud ocupacional y el confort térmico de acuerdo con las características de las industrias, tipo de actividad y vestimenta de los trabajadores. Con el objetivo de conocer los parámetros ideales de confort térmico en estos espacios.

Así mismo, se analizaron las diferentes normas en materia de salud ocupacional y confort térmico en lugares de trabajo, de las cuales se sustrajeron los datos de temperatura y humedad óptimas (ver tabla 5).

Tabla 5. Hallazgos en la normativa de salud ocupacional y confort térmico

HALLAZGOS EN LA NORMATIVA DE SALUD OCUPACIONAL Y CONFORT TÉRMICO		
TIPO DE NORMA O ESTÁNDAR	NORMA O ESTÁNDAR	HALLAZGO
Internacional	España: Real Decreto 486/1997: disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo	La temperatura de los locales donde se realicen trabajos ligeros estará comprendida entre 14 y 25 °C
	UNE-EN ISO 7730:2206	La temperatura operativa óptima para 0.8 clo y 2.0 met de actividad metabólica es de entre 16 °C y 19 °C
	España: R.I.T.E. Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios	Las condiciones interiores de diseño para una actividad metabólica de 1.2 met y 0.5 clo en verano la temperatura operativa óptima es de 23 a 25 °C y humedad relativa entre 45 y 60 %, mientras que en invierno es la temperatura operativa óptima es de 21 a 23 °C y 40 a 50 % de humedad relativa
	Software Climate Consultant basado en ASHRAE Standard 55	Para una vestimenta de 0.8 clo y una actividad metabólica de 2.0 met la temperatura calculada mínima en invierno es de 13.8 °C y la máxima de 19.8 °C
Nacional	NOM-001-STPS-2008, Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo- Condiciones de seguridad	Para locales de los centros de trabajo, tales como oficinas, cuartos de control, centros de cómputo y laboratorios, entre otros, en los que se disponga de ventilación artificial para confort de los trabajadores o por requerimientos de la actividad en el centro de trabajo, se recomienda una humedad relativa entre el 20% y 60% así como una temperatura de 22 °C ± 2 °C para épocas de ambiente frío, y 24.5 °C ± 1.5 °C para épocas calurosas
	NOM-015-STPS-2001, Condiciones térmicas elevadas o abatidas- Condiciones de seguridad e higiene	Los límites máximos permisibles de exposición a condiciones térmicas elevadas en un régimen de trabajo pesado con 75% de exposición y 25% de recuperación cada hora es de 25.9 °C

Nota: esta tabla fue elaborada con datos de distintas normas y estándares internacionales, de las siguientes fuentes: (AENOR, 2006), (STPS, 2002), (STPS, 2008), (ASHRAE, 2013), (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, España, 2013), (INSHT, 1998).

Se realizó un análisis con la herramienta computarizada llamada Climate Consultant 6, la cual ayuda a entender las condiciones climatológicas del lugar en donde se encuentran las edificaciones. Basándose en el estándar ASHRAE 55, se pusieron específicamente datos como la vestimenta que utilizan las personas dentro del edificio con la unidad clo, así como el nivel de actividad metabólica con la unidad met, extraídos de las tablas 5 y 6, los cuales se resaltan con color tinto, los demás datos los arroja el software de acuerdo a los datos climatológicos de Guadalajara (ver ilustración 16)

CRITERIA: (Metric Units)		LOCATION: Guadalajara, MX, -	
		Latitude/Longitude: 20.67° North, 103.33° West, Time Zone from Greenwich -6	
		Data Source: MN7 0 WMO Station Number, Elevation 1491 m	
ASHRAE Standard 55, current Handbook of Fundamentals Comfort Model (select Help for definitions)			
1. COMFORT: (using ASHRAE Standard 55) 0.8 Winter Clothing Indoors (1.0 Clo=long pants,sweater) 0.8 Summer Clothing Indoors (.5 Clo=shorts,light top) 2.0 Activity Level Daytime (1.1 Met=sitting,reading) 90.0 Predicted Percent of People Satisfied (100 - PPD) 13.4 Comfort Lowest Winter Temp calculated by PMV model(ET* C) 19.8 Comfort Highest Winter Temp calculated by PMV model(ET* C) 19.8 Comfort Highest Summer Temp calculated by PMV model(ET* C) 100.0 Maximum Humidity calculated by PMV model (%)		7. NATURAL VENTILATION COOLING ZONE: 2.0 Terrain Category to modify Wind Speed (2=suburban) 0.2 Min. Indoor Velocity to Effect Indoor Comfort (m/s) 1.5 Max. Comfortable Velocity (per ASHRAE Std. 55) (m/s)	
2. SUN SHADING ZONE: (Defaults to Comfort Low) 13.4 Min. Dry Bulb Temperature when Need for Shading Begins (°C) 315.5 Min. Global Horiz. Radiation when Need for Shading Begins (Wh/sq.m)		8. FAN-FORCED VENTILATION COOLING ZONE: 0.8 Max. Mechanical Ventilation Velocity (m/s) 3.0 Max. Perceived Temperature Reduction (°C) (Min Vel, Max RH, Max WB match Natural Ventilation)	
3. HIGH THERMAL MASS ZONE: 8.3 Max. Outdoor Temperature Difference above Comfort High (°C) 1.7 Min. Nighttime Temperature Difference below Comfort High (°C)		9. INTERNAL HEAT GAIN ZONE (lights, people, equipment): 12.8 Balance Point Temperature below which Heating is Needed (°C)	
4. HIGH THERMAL MASS WITH NIGHT FLUSHING ZONE: 16.7 Max. Outdoor Temperature Difference above Comfort High (°C) 1.7 Min. Nighttime Temperature Difference below Comfort High (°C)		10. PASSIVE SOLAR DIRECT GAIN LOW MASS ZONE: 157.7 Min. South Window Radiation for 5.56°C Temperature Rise (Wh/sq.m) 3.0 Thermal Time Lag for Low Mass Buildings (hours)	
5. DIRECT EVAPORATIVE COOLING ZONE: (Defined by Comfort Zone) 17.6 Max. Wet Bulb set by Max. Comfort Zone Wet Bulb (°C) 2.8 Min. Wet Bulb set by Min. Comfort Zone Wet Bulb (°C)		11. PASSIVE SOLAR DIRECT GAIN HIGH MASS ZONE: 157.7 Min. South Window Radiation for 5.56°C Temperature Rise (Wh/sq.m) 12.0 Thermal Time Lag for High Mass Buildings (hours)	
6. TWO-STAGE EVAPORATIVE COOLING ZONE: 50.0 % Efficiency of Indirect Stage		12. WIND PROTECTION OF OUTDOOR SPACES: 8.5 Velocity above which Wind Protection is Desirable (m/s) 11.1 Dry Bulb Temperature Above or Below Comfort Zone (°C)	
		13. HUMIDIFICATION ZONE: (defined by and below Comfort Zone) 14. DEHUMIDIFICATION ZONE: (defined by and above Comfort Zone)	
		Restore Default Values Recalculate Back Next	

Ilustración 16. Criterios de análisis en Climate Consultant. Fuente: Climate Consultant

En donde el software arrojó el rango de temperatura de confort térmico de acuerdo con las especificaciones previamente dadas, el cual fue de entre 13.8 °C Y 19.8 °C a lo largo del año (ver ilustración 17).

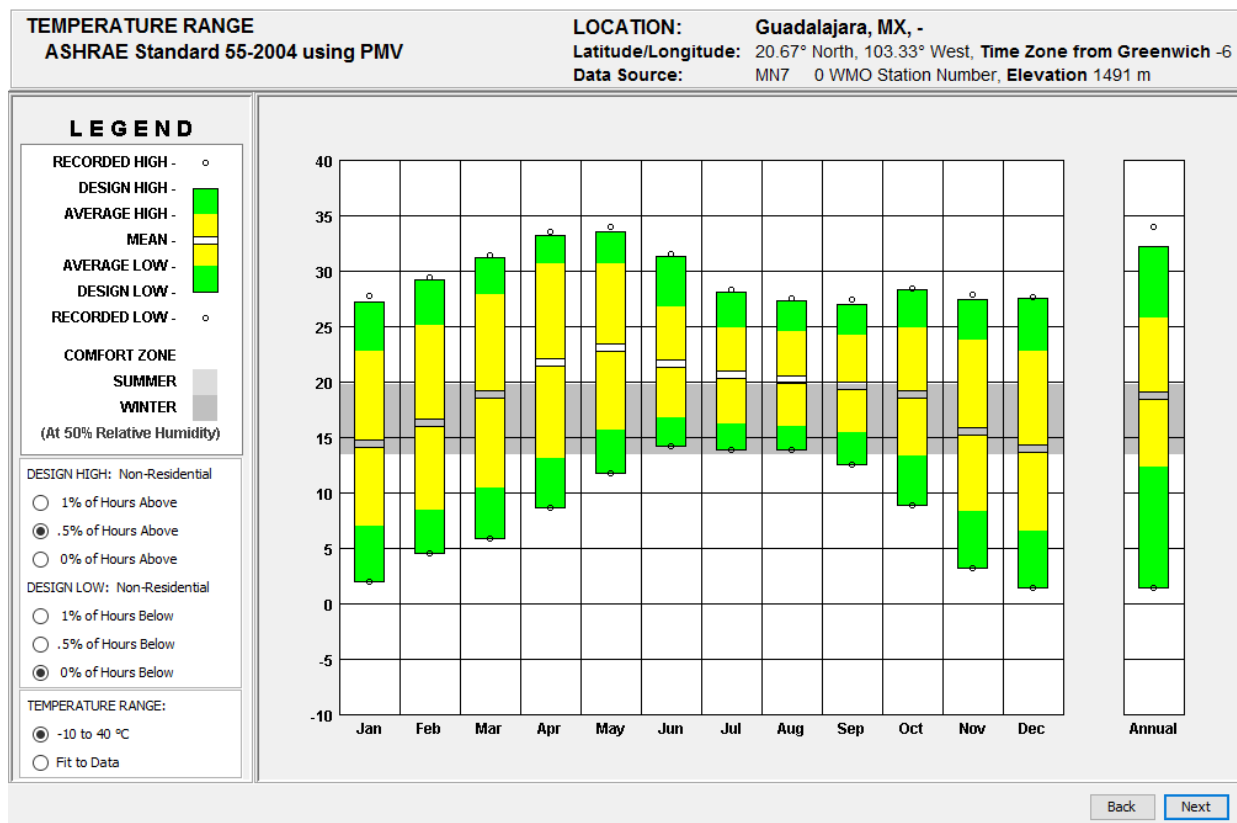


Ilustración 17. Rango de confort térmico. Fuente: Climate Consultant

Los parámetros de confort térmico, de acuerdo con el R.I.T.E. son los siguientes (ver tabla 6):

Tabla 6. Condiciones interiores de diseño R.I.T.E.

Condiciones interiores de diseño R.I.T.E.		
Estación	Temperatura operativa óptima °C	Humedad relativa %
Verano	23...25	45...60
Invierno	21...23	40...50

Fuente: (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, España, 2013).

Por otro lado, de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 7730:2006 (AENOR, 2006), es necesario incluir distintas variables como el tipo de vestimenta o la actividad metabólica que se realiza en el espacio a analizar (Armendáriz Pérez de Ciriza, 2007). Las cuales se representan de la siguiente manera:

- a) Tasa metabólica, **Met**
- b) Índice de aislamiento de la vestimenta, **I_{cl}**
- c) Velocidad relativa del aire, **v_{ar}**

En donde la vestimenta utilizada por los trabajadores se valora, como se puede observar en la ver tabla 7, así como se ha resaltado en color gris el tipo de vestimenta que corresponde a las industrias alimentarias analizadas.

Tabla 7. Valoración de vestimenta

Valoración de vestimenta		
Ropa de trabajo	I _{cl} (clo)	I _{cl} (m ² * K/W)
Calzoncillos, mono, calcetines, zapatos	0.70	0.110
Calzoncillos, camisa, mono calcetines, zapatos	0.80	0.125
Calzoncillos, camisa, pantalones, bata, calcetines, zapatos	0.90	0.140
Ropa interior de mangas y perneras cortas, camisa, pantalones, chaqueta, calcetines, zapatos	1.00	0.155
Ropa interior de mangas y perneras largas, chaqueta térmica, calcetines, zapatos	1.20	0.185
Ropa interior de mangas y perneras cortas, camisa, pantalones, chaqueta, chaquetón y sobrepantalones con acolchado grueso, calcetines, zapatos, gorro, guantes	1.40	0.220
Ropa interior de mangas y perneras cortas, camisa, pantalones, chaqueta, chaquetón y sobrepantalones con acolchado grueso, calcetines y zapatos	2.00	0.310
Ropa interior de mangas y perneras largas, chaqueta y pantalones térmicos, parka con acolchado grueso, chaquetón y sobrepantalones con acolchado grueso, calcetines, zapatos	2.55	0.395

Fuente: (AENOR, 2006).

En donde de acuerdo con el tipo de actividad se asignan una energía metabólica como podemos observar en la tabla 8, así como se ha resaltado con gris el tipo de actividad en las industrias analizadas.

Tabla 8. Producción de energía metabólica

Producción de energía metabólica		
Actividad	W/m2	met
Reposo, tendido	46	0.80
Reposo, sentado	58	1.00
Actividad sedentaria (oficina, domicilio, escuela, laboratorio)	70	1.20
Actividad ligera, de pie (de compras, laboratorio, industria ligera)	93	1.16
Actividad media, de pie (dependiente de comercio, tareas domésticas, trabajo con máquinas)	116	2.00
Caminar en llano (2 km/h)	110	1.90

Fuente: (AENOR, 2006).

Se utilizó una gráfica de temperatura operativa óptima de acuerdo con el anexo A, en la figura A.1 de la norma UNE-EN ISO 7730:2006 (AENOR, 2006), en función de la actividad metabólica que desempeñan los trabajadores de la industria y de la vestimenta que utilizan, tomando los valores de los anexos B en la figura B.1 (ver tabla 8), y C en la figura C.1 (ver tabla 7), de esta norma, para ubicar el rango de temperatura óptima de las industrias alimentarias que se han estudiado. En donde al ubicar el punto de intersección de los datos derivados del análisis de los anexos mencionados anteriormente, los cuales son 1.0 clo de la vestimenta y los 2.0 met de la actividad metabólica, se marca un rango de entre 16 °C Y 19 °C (ver ilustración 18).

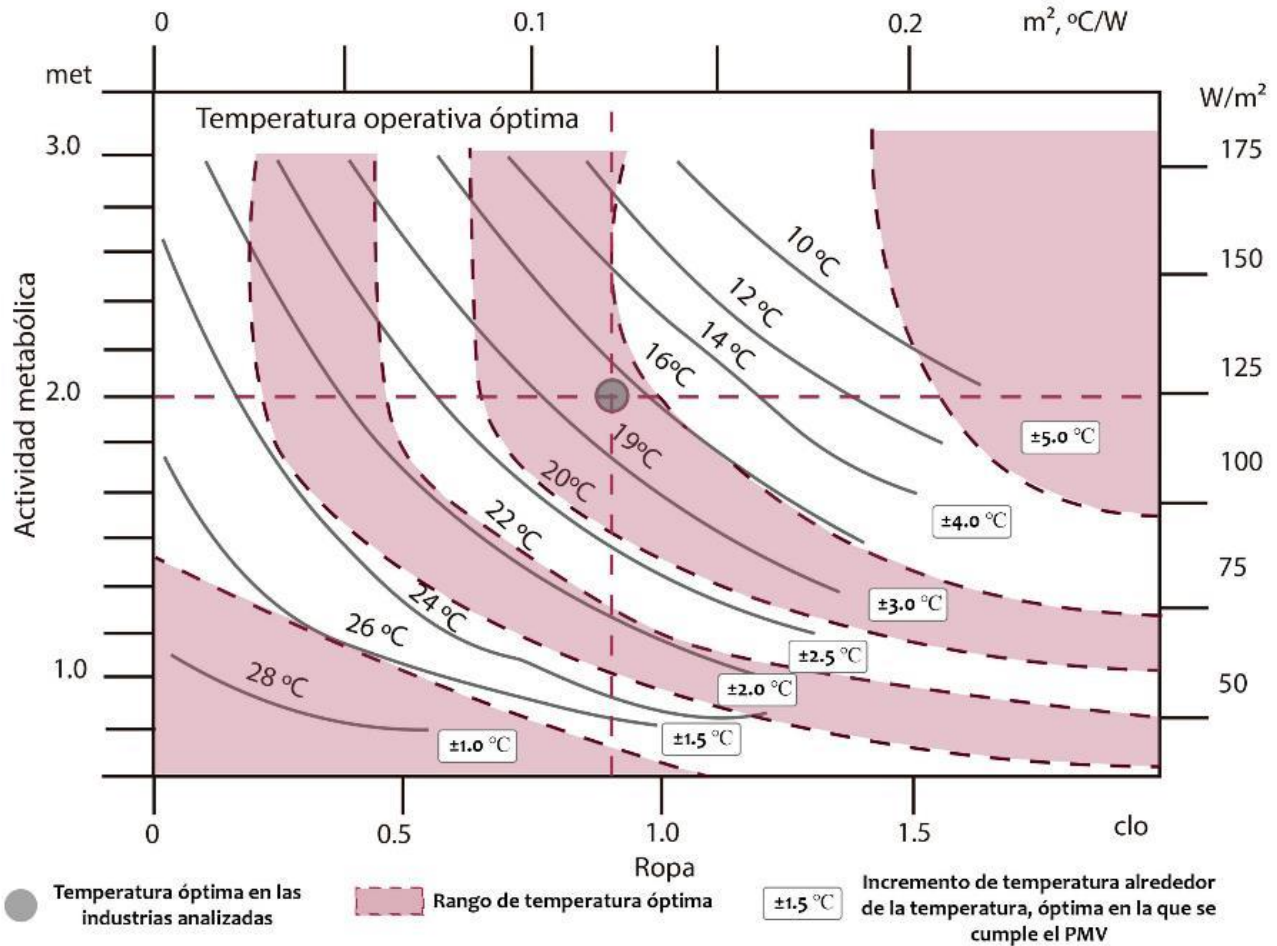


Ilustración 18. Temperatura operativa óptima. Adaptación de fuente: (AENOR, 2006).

Con dicho análisis de la normativa, se determinó utilizar los parámetros de la norma UNE-EN ISO 7730:2006 (AENOR, 2006), mencionados anteriormente. Ya que estos contienen datos específicos para estas industrias, como el tipo de actividad metabólica y tipo de vestimenta usada por los trabajadores. Dando como resultado un rango de temperatura ideal con la mayor cantidad posible de variables.

Dichos parámetros son, mínimo **16 °C** y máximo **19 °C** y se asemeja a los hallazgos encontrados en Climate Consultant (UCLA, Liggett, & Milne, 2017). Dando un parámetro de entre 13.8 °C y 19.8 °C. Así mismo, se toman los parámetros de humedad relativa encontrados en el RITE (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, España, 2013), los cuales son para invierno de entre **40% y 50%**.

4.1.2 Observación directa

Caracterización de tres edificaciones destinadas a la producción de alimentos en el estado de Jalisco

En este apartado, se caracterizan las tres fábricas de alimentos analizadas en este trabajo, a través de datos e imágenes de los componentes de las envolventes, planos, fotografías, de la producción, maquinaria y tipo de ventilación en los espacios de producción, con los cuales se tiene un panorama general cada industria.

Caso 1.- Fábrica 1. Procesadora de alimentos cárnicos en el municipio de Zapotlanejo, Jalisco.



Ilustración 19. Ubicación del municipio de Zapotlanejo respecto a Jalisco y a México.
Elaboración propia con datos de Freeipik y Google maps.



Ilustración 20. Contexto inmediato de fábrica 1. Fuente: Google maps.



Ubicación: Latitud: 20° 27' 32" a los 20° 47' 40" Nte. Longitud: 102° 52' 20" a los 103° 17' 05" O. Altitud: 1,522 msnm.

El clima de Zapotlanejo se clasifica como cálido y templado, con una temperatura media anual en Zapotlanejo se encuentra a 19.5 °C. y precipitación media anual de 912 mm. Mientras que la temperatura máxima se presenta en el mes de mayo, con un promedio de 32.3 °C (Data, 2017).

Los principales sectores socioeconómicos en productos y servicios en Zapotlanejo son: agricultura, ganadería, industrial, minería, pesca, comercio y servicios (Jalisco, 2018).

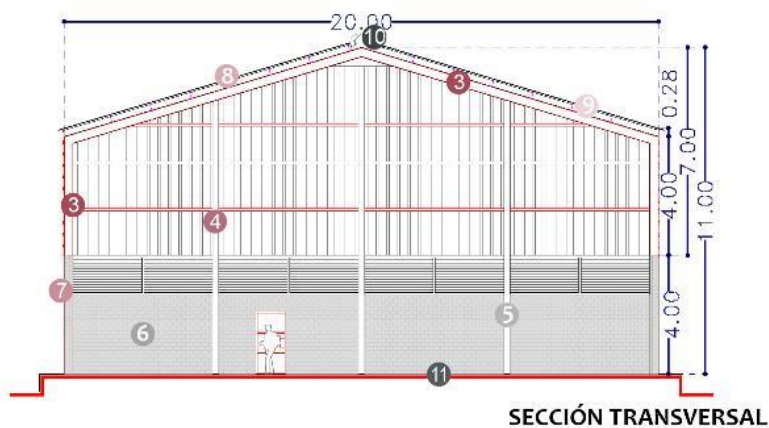
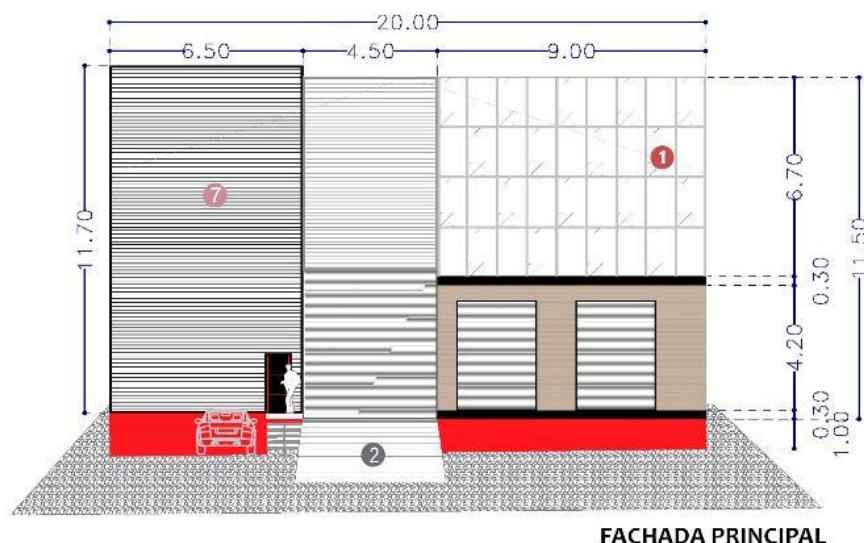
La empresa es de reciente edificación, en el año 2016, por lo que no ha tenido ninguna remodelación o mejora.

Levantamiento fotográfico de fábrica 1



Ilustración 21. Levantamiento fotográfico de fábrica 1. Elaboración propia.

Geometrales (plantas, fachadas y secciones arquitectónicas) de fábrica 1 con materiales de la envolvente



MATERIALES DE LA ENVOLVENTE

VENTANAS	
1	CRISTAL REFLECTA
3	VIGA DE ACERO IPR 12" X 4"
4	POLÍN MONTÉN 8# CALIBRE 26
7	LÁMINA ACANALADA RN 100 CALIBRE 26
8	LÁMINA ACRYLYT TRASLÚCIDA
9	COLCHONETA AISLANTE DE FIBRA DE VIDRIO
5	CASTILLO ARMEX REFORZADO
6	BLOCK SÓLIDO DE JALCRETO 15X20X40
4	POLÍN MONTÉN 8# CALIBRE 26
7	LÁMINA ACANALADA RN 100 CALIBRE 26
3	VIGA DE ACERO IPR 12" X 4"
2	CONCRETO
11	PINTURA EPÓXICA GRADO ALIMENTICIO
VENTILACIÓN	
10	EXTRACTOR DE AIRE LÍNEAL POR GRAVEDAD

Ilustración 22. Fachada y sección con materiales de fábrica 1. Elaboración propia.

Se delimitó un área de análisis en la fábrica 1, debido a que esta es en donde más personas (alrededor de 15) trabajan y hay más fuentes de calor, como lo son cazos y calderas.

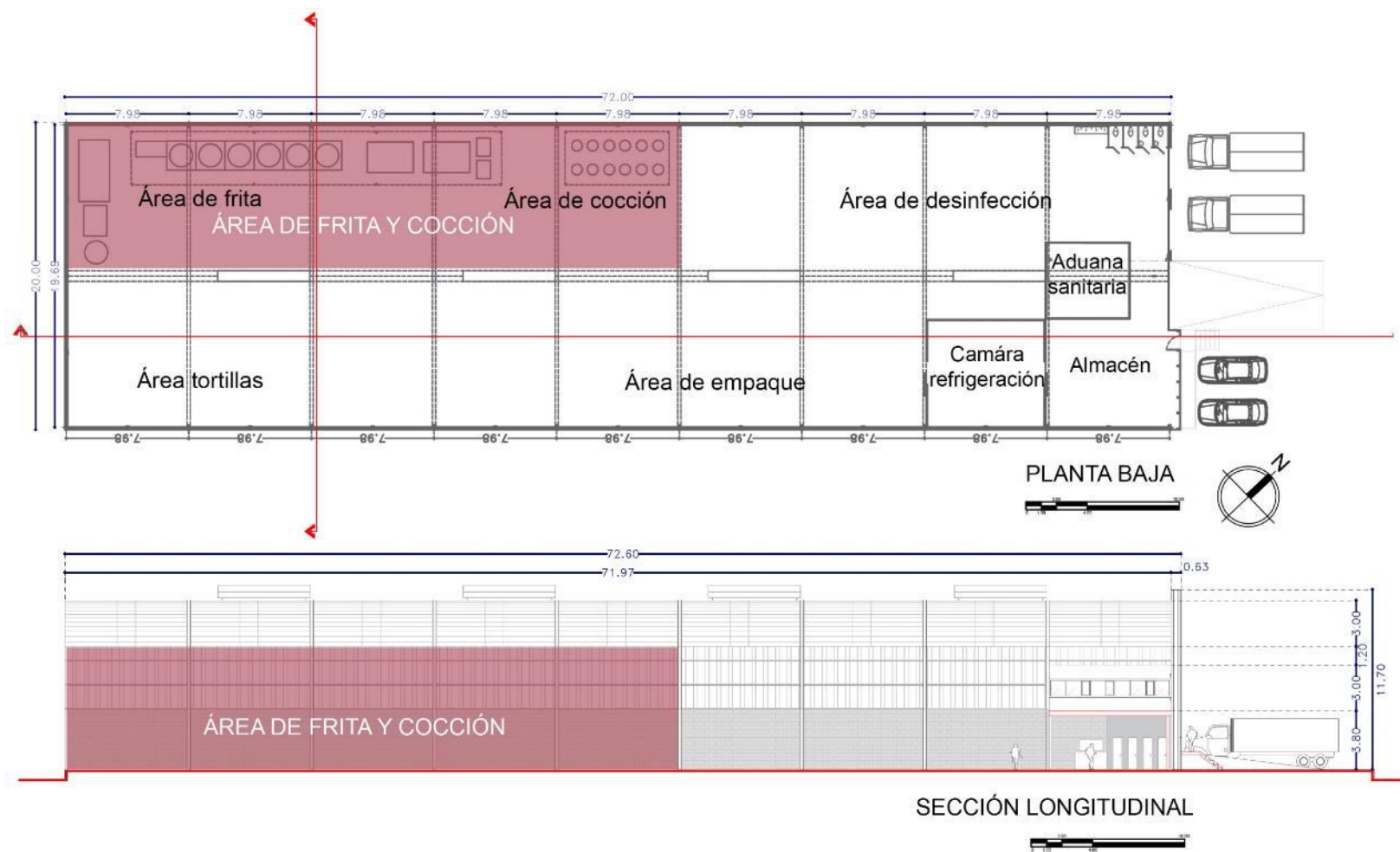


Ilustración 23. Geometrales de área analizada en fábrica 1. Elaboración propia.

Ventilación de fábrica 1

Aire lavado

El aire lavado es un sistema de generación de confort similar a los sistemas de aire acondicionado, consistente en canalizar un volumen de aire a través de una cortina de agua para aumentar la humedad de este. A diferencia del aire acondicionado, éste no cuenta con evaporador ni condensador, y se usan tuberías de gran diámetro para poder inyectarlo donde se requiera. El modelo de este sistema es MXJSW-059 de la marca S&P, en descarga vertical, con capacidad de trabajar 19,617 m³ por hora, con una potencia de 3,730 W.



Ilustración 24. Aire lavado en fábrica 1. Elaboración propia.

Extractor de aire lineal por gravedad



Ilustración 25. Extractor de aire lineal por gravedad en fábrica 1. Elaboración propia.

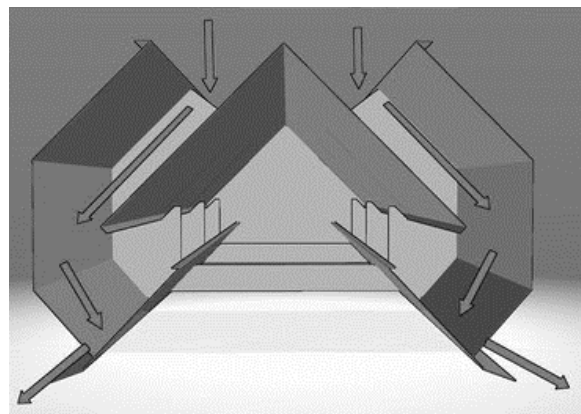


Ilustración 26. Funcionamiento de extractor de aire lineal. Fuente: Ventilación industrial IFM.

Maquinaria en fábrica 1



Ilustración 27. Maquinaria en fábrica 1. Elaboración propia.

Tipo de producción: caliente con cazos y ollas, mientras que el punto de humeo al que se llega en los cazos es de 182 °C en el punto de humeo, mientras que el punto de ebullición de las ollas es de 100 °C.

Horario de producción: 08:00 a 17:00 horas

Horario de ventilación artificial: 8:00 a 17:00 horas

Caso 2.- Fábrica 2, producción de dulces en la zona industrial del municipio de Guadalajara, Jalisco.



Ilustración 28. Ubicación del municipio de Guadalajara respecto a Jalisco y a México.
Elaboración propia con datos de Freepik y Google maps.



Ilustración 29. Contexto inmediato de fábrica 2. Fuente: Google maps.



Ubicación: el municipio de Guadalajara se localiza al centro del Estado, un poco hacia el oriente, en las coordenadas $20^{\circ} 36' 40''$ a los $20^{\circ} 45' 00''$ de latitud norte y $103^{\circ} 16' 00''$ a los $103^{\circ} 24' 00''$ de longitud oeste, a una altura de 1700 metros sobre el nivel del mar.

El clima en Guadalajara es cálido y templado. Los veranos son mucho más lluviosos que los inviernos. La temperatura media anual en Guadalajara se encuentra a 19.6°C . En un año, la precipitación media es 941 mm., mayo es el mes más cálido del año. En donde la temperatura puede llegar a los 32.6°C . Las temperaturas más bajas del año se producen en enero, siendo la mínima de 6.8°C . (Data, 2017).

Los principales sectores socioeconómicos, productos y servicios en Guadalajara son: industria, comercio y servicios (Jalisco, 2018).

La empresa tiene aproximadamente 50 años construida, solo se tiene conocimiento del agregado de colchoneta aislante en el techo alrededor de hace dos años.

Levantamiento fotográfico de Fábrica 2



Ilustración 30. Levantamiento fotográfico de fábrica 2. Fuente: fábrica 2.

Geometrales (plantas, fachadas y secciones arquitectónicas) y materiales en la envolvente de fábrica 2

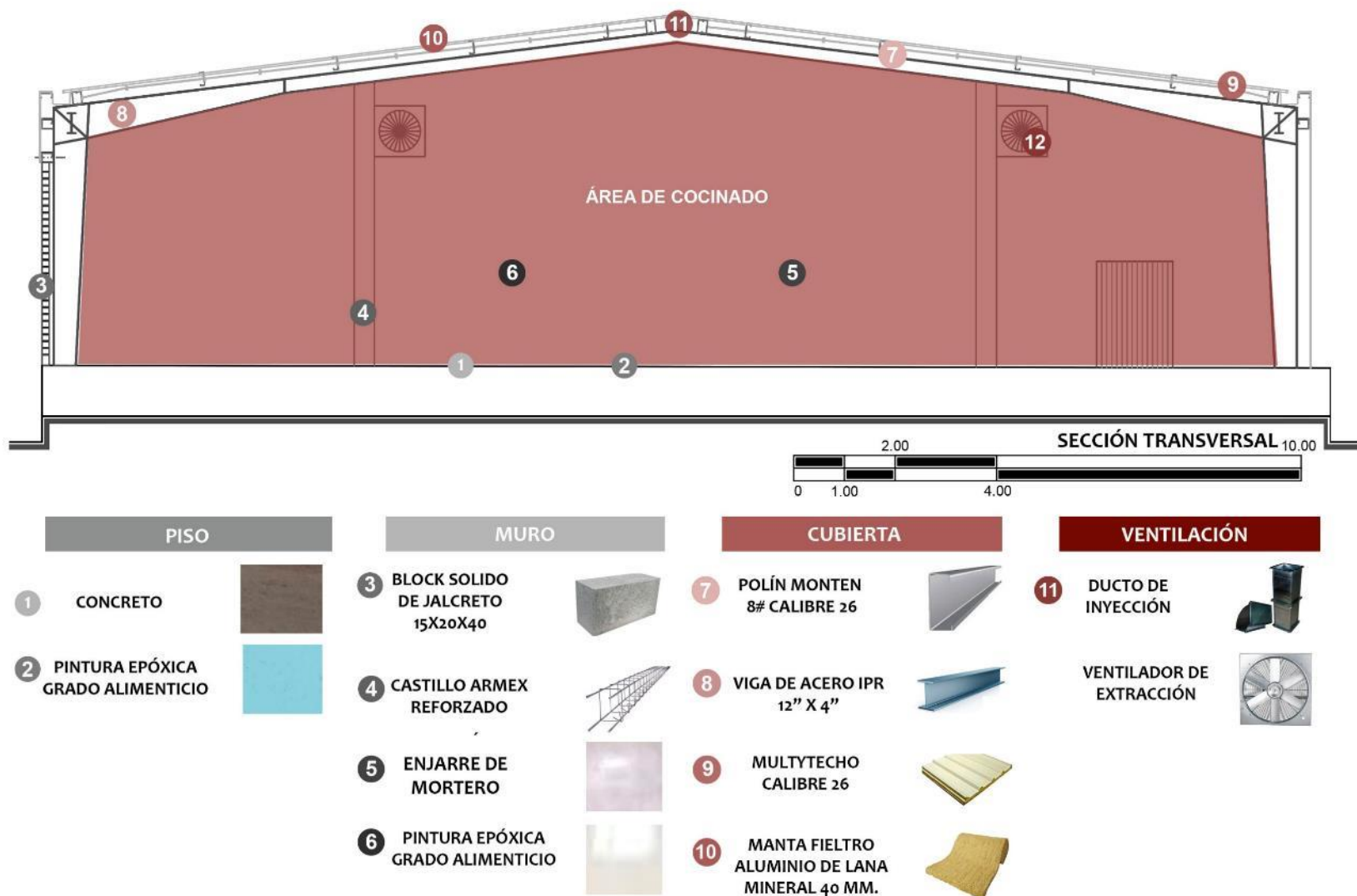


Ilustración 31. Sección transversal con materiales de la envolvente de fábrica 2. Elaboración propia.

En la fábrica 2, se delimitó un área de análisis el cual es el de cocinado, debido a que es en donde trabaja un número alto de personas (alrededor de 30). Así como se trabaja con fuentes de calor como lo son las máquinas en donde se calientan el caramelo, se sugiere que estas trabajan a altas temperaturas, aproximadamente entre 128 °C y 145 °C.

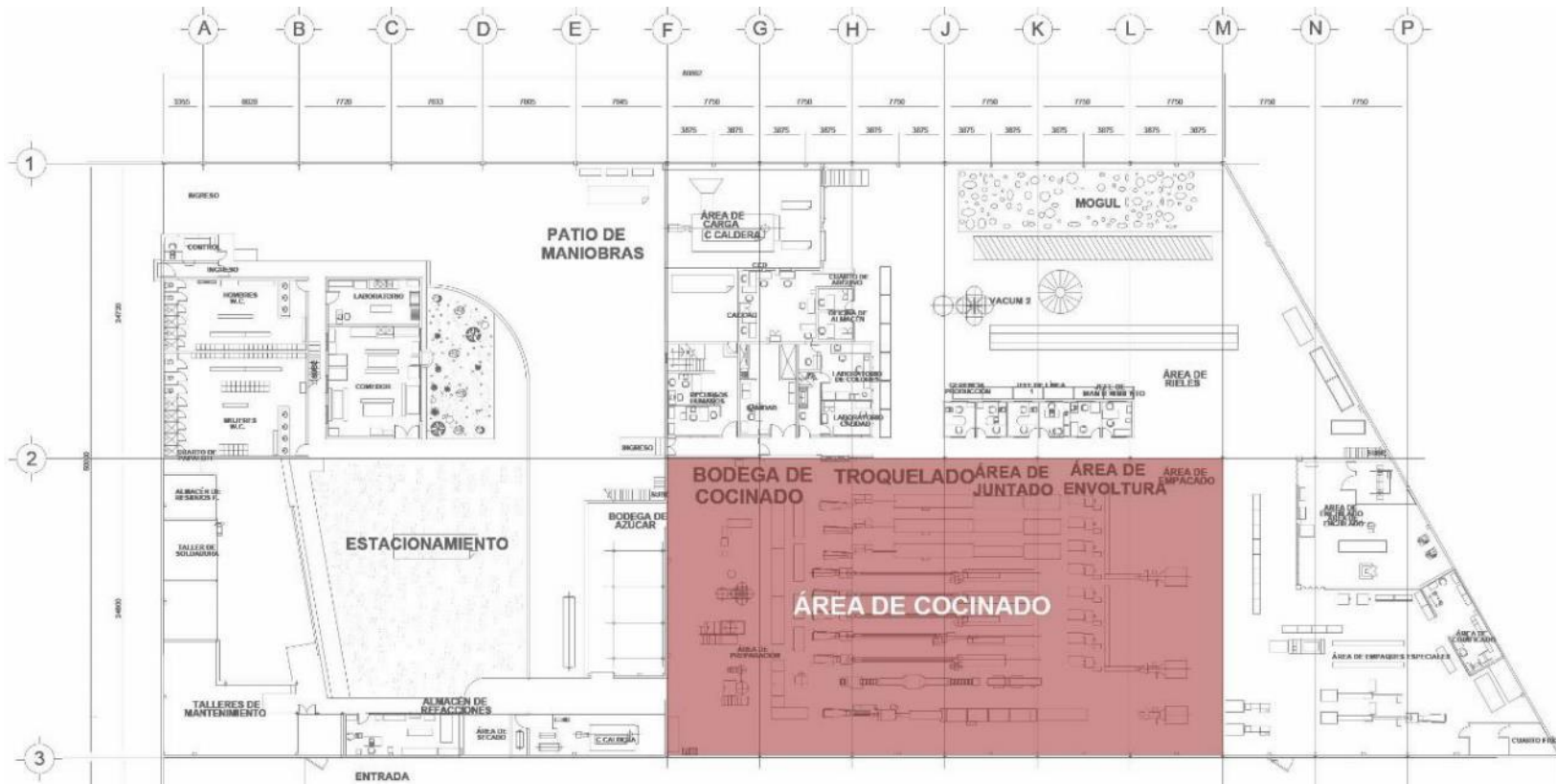


Ilustración 32. Planta arquitectónica de fábrica 2 con área de análisis delimitada. Elaboración propia.

Ventilación de fábrica 2

1. Ventiladores de extracción

Los ventiladores son máquinas rotatorias capaces de mover una determinada masa de aire o gas, a la que comunican una cierta presión o fuerza suficiente para que pueda vencer las pérdidas de carga que se producen por los ductos o accesorios y así poder llevar dicho flujo de un punto a otro. El modelo utilizado de este sistema es el HXT – 630 de la marca S&P, con una potencia de 1,016 W, y una capacidad de 13,500 m³ por hora.



Ilustración 33. Ventilador de extracción en fábrica 2. Elaboración propia.

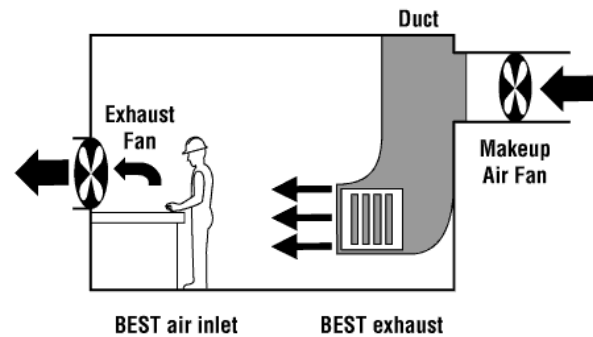


Ilustración 34. Funcionamiento de inyección y extracción de aire. Fuente: <http://www.ccohs.ca>

2. Ductos de inyección de aire

Este ducto tiene un motor adherido a un rehilete que permite la entrada del aire del exterior hacia el interior, gracias al rehilete, la entrada de aire es de una manera rápida favoreciendo la ventilación. El modelo de este equipo es el CCR 12/12 de la marca S&P con una potencia de 2,984 W y una capacidad de hasta 15,600 m³ por hora.



Ilustración 35. Inyectores de aire en fábrica 2. Elaboración propia.



Ilustración 36. Inyectores de aire fábrica 2. Fuente: Google maps.

Maquinaria en fábrica 2



Ilustración 37. Área de cocinado en fábrica 2. Fuente: Fábrica 2.



Ilustración 38. Maquinaria de fábrica 2. Fuente: Fábrica 2.

En esta producción, se calientan caramelos a temperaturas de hasta 145 °C

Horario de producción: 7:00 horas a 15:00 horas

Caso 3.- Fábrica 3, Rastro T.I.F. en el municipio de La Barca, Jalisco.



Ilustración 39. Ubicación del municipio de Guadalajara respecto a Jalisco y a México.
Elaboración propia con datos de Freepik y Google maps.



Ilustración 40. Contexto inmediato de fábrica 3. Fuente: Google maps.



Ubicación: el municipio de La Barca está situado al oriente del Estado. Sus coordenadas extremas son de los 20°15'30" a los 20°26'45" de latitud norte y de los 102°20'40" a los 102°21'20" de longitud oeste, a una altura de 1,530 metros sobre el nivel del mar.

El clima aquí es suave, y generalmente cálido y templado. En invierno hay en La Barca mucho menos lluvia que en verano. La temperatura media anual en La Barca se encuentra a 19.7 °C. con una máxima en el mes de mayo de 31.5 °C y una mínima de 6.9 °C en el mes de enero. Tiene precipitaciones promedio de 773 mm. (Data, 2017).

Los principales sectores socioeconómicos, productos y servicios en La Barca son: Agricultura, ganadería, industria, minería, pesca, comercio y servicios (Jalisco, 2018).

La empresa tiene 10 años construida, en donde se llevó a cabo una ampliación del área de corte y despiece hace 4 años.

Levantamiento fotográfico de fábrica 3



Ilustración 41. Levantamiento fotográfico de fábrica 3. Fuente: fábrica 3.

Geometrales (plantas, fachadas y secciones arquitectónicas) de fábrica 3

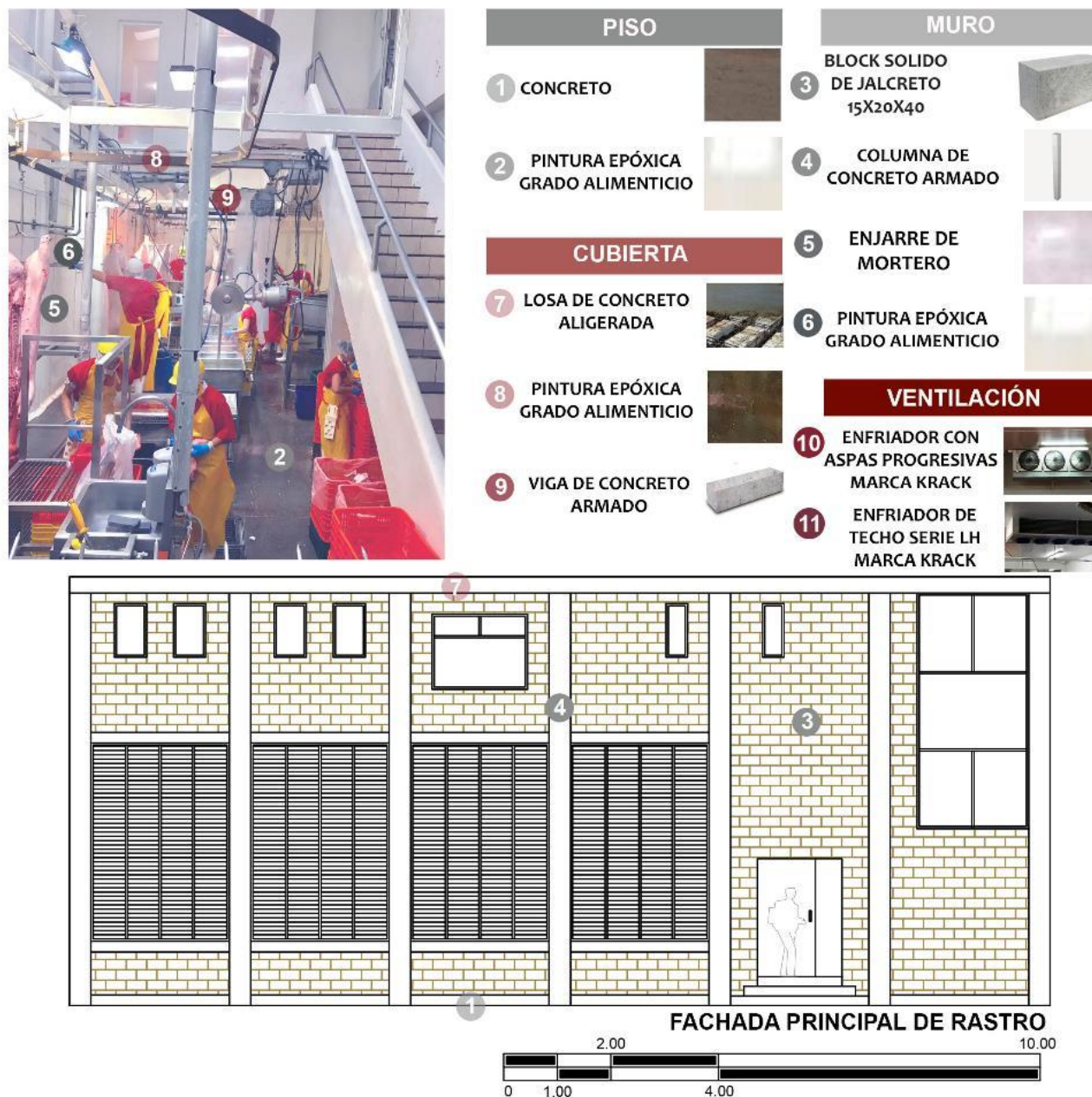
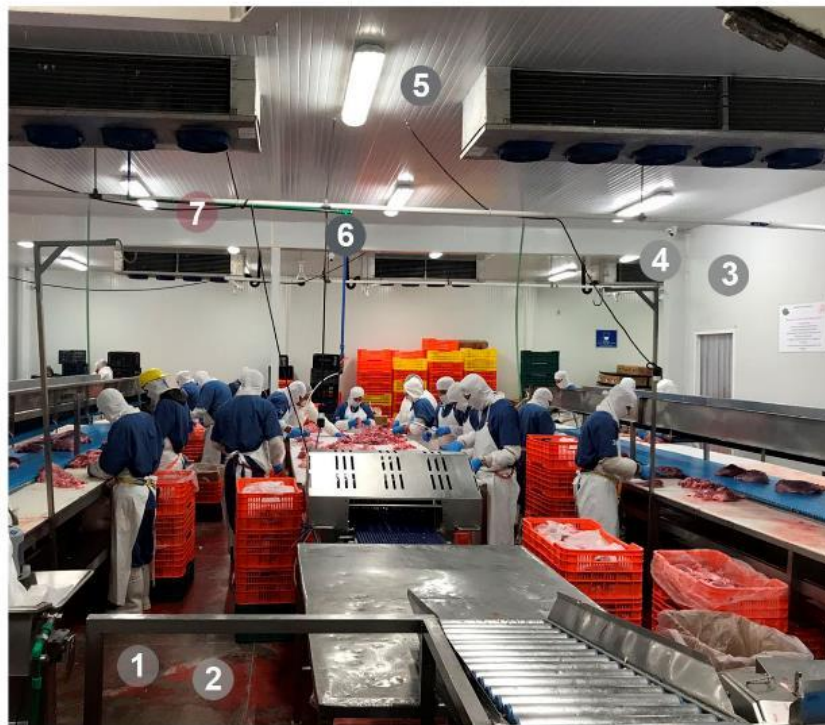
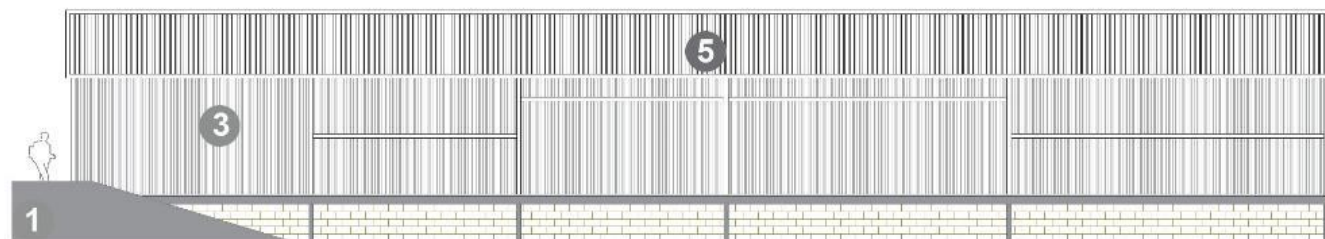


Ilustración 42. Materiales de la envolvente de fábrica 3 en área de rastro. Elaboración propia.



PISO		MURO	
1 CONCRETO		3 PANEL SANDWICH CON ALMA DE POLIURETANO	
2 PINTURA EPÓXICA GRADO ALIMENTICIO		4 COLUMNA DE CONCRETO ARMADO	
CUBIERTA		5 LÁMINA DE ZINC	
6 PANEL SANDWICH CON ALMA DE POLIURETANO		VENTILACIÓN	
7 COLUMNA DE CONCRETO ARMADO		8 ENFRIADOR DE TECHO SERIE LH MARCA KRACK	



FACHADA PRINCIPAL DE OBRADOR



Ilustración 43. Materiales en la envolvente de fábrica 3 en área de corte y despiece. Elaboración propia.

En el caso de la fábrica 3, se eligieron dos áreas para analizar, debido a que son las dos con más trabajadores operando, con aproximadamente 30 personas en cada zona, mientras que el área de corte y deshuese está permanentemente refrigerado con la intención de mantener el producto a 10 °C, mientras que el área de rastro trabaja a temperatura ambiente.

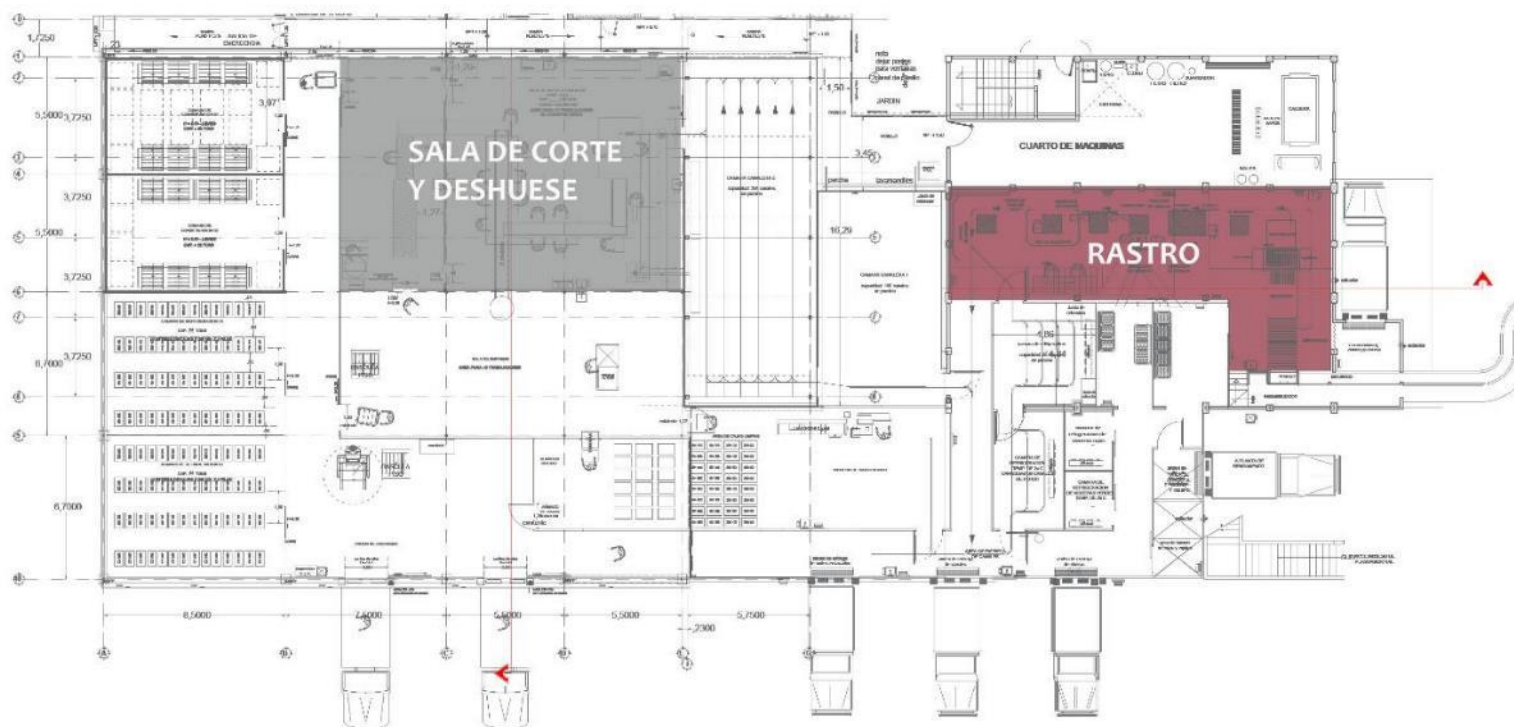


Ilustración 44. Planta arquitectónica con áreas de monitoreo delimitadas. Elaboración propia.

Ventilación en fábrica 3

1. Enfriador de techo

Enfriador para montarse en techo con charola de drenaje doble montada al ras, marca Krack, modelo GL low temperature electric defrost heater data con potencia de 4,000 W, con una capacidad de 57,600 m³ por hora.



Ilustración 46. Enfriador de techo en fábrica 3. Elaboración propia.



Ilustración 45. Enfriador de techo en fábrica 3. Fuente: www.crack.com

Maquinaria



Ilustración 47. Maquinaria en fábrica 3. Fuente: Fábrica 3.



Tipo de producción: en el área de matanza es a temperatura ambiente, se sugiere que se trabajen altas temperaturas por el agua hirviendo que utilizan. En el área de corte y despiece tiene una refrigeración para tener regulada la temperatura a 10°C.

Horario de producción: 6:00 horas a 15:00 horas

Descripción gráfica de tres edificaciones destinadas a la producción de alimentos en el estado de Jalisco

Con base en la observación directa llevada a cabo en las tres industrias analizadas, se desarrolló una descripción gráfica para facilitar la lectura del documento, ya que se denominan fábrica 1, fábrica 2 y fábrica 3 con el fin de mantener la confidencialidad de las empresas.


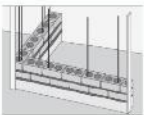





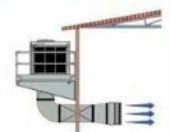



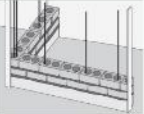



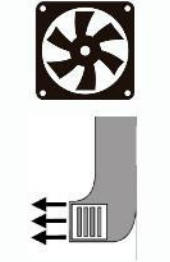

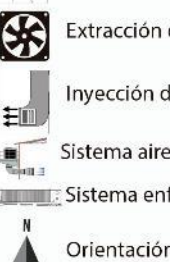

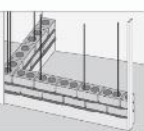

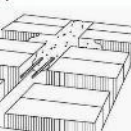







NOMBRE DE FÁBRICA	MATERIAL EN MURO	MATERIAL EN TECHO	TIPO DE TECHO	ORIENTACIÓN	VENTILACIÓN	VESTIMENTA	SIMBOLOGÍA
FÁBRICA 1 	 	 					
FÁBRICA 2 							
FÁBRICA 3 	A1  A2 	A1  A2 	A1  A2 				

Ilustración 48. Descripción gráfica de 3 fábricas de alimentos. Elaboración propia.

4.1.3 Monitoreo de temperatura interior y exterior

Se ha realizado el monitoreo de temperatura y humedad interior y exterior en las tres naves industriales analizadas, para determinar la temperatura y humedad dentro de estas industrias. Para esto, se han utilizado registradores de datos compatibles con el software HOBOWare (ONSET, 2018).

Así mismo, se determinó un intervalo de tiempo de medición cada hora, para posteriormente graficar los resultados y poder hacer un análisis de confort térmico en los espacios.

Los distintos monitoreos en las industrias fueron realizados en períodos de una semana para poder ver el comportamiento térmico interior respecto al exterior en el transcurso de varios días. Las fechas de estos monitoreos, así como los detalles y resultados se verán en los resultados de cada uno de estos en el siguiente apartado.

Por otro lado, se han instalado tres monitores en el interior de cada industria, en línea vertical en un muro en distintas alturas, con el objetivo de mostrar si existe o no una estratificación del calor en el lugar. Mientras que se instaló un monitor en el exterior para poder observar cómo funciona la envolvente del edificio como agente aislante del exterior.

En las gráficas resultantes de los datos arrojados por los registradores de datos, se han agregado los parámetros de temperatura y humedad óptimos descritos anteriormente derivados del análisis de la normativa, siendo estos de 16 °C a 19 °C, en cuanto a temperatura y de 40% a 50%. Con el objetivo de mostrar la diferencia entre los parámetros medidos y los que serían ideales de acuerdo con las normas.

Se ha añadido a las gráficas el horario laboral de cada industria, para valorar los cambios de temperatura en condiciones de producción y en condiciones no laborales.

Se han elaborado distintas gráficas por industria, para mostrar, primero los datos de todos los días monitoreados, después lo que sucedió en un día laboral y por último los datos de un día no laboral. Esto debido a que en días laborales hay sistemas de climatización artificial, así como personas que laboran ahí y que generan calor.

Resultados de monitoreo de temperatura y humedad interior y exterior de las 3 industrias

Caso 1. Fábrica 1

En este caso, las mediciones fueron hechas en el área de cocción y frita, ya que es en donde trabajan más personas. Los registros fueron realizados en dos etapas, esto debido a que la empresa es nueva y en la primera etapa se encontraba sin proceso de producción. Mientras que en la segunda ya estaban trabajando normalmente, para poder observar el comportamiento térmico de la envolvente con y sin personas laborando en el lugar.

Estos monitoreos se registraron en intervalos de una hora, en tres distintas alturas en el interior: a 2 m de altura, a 3.5 m de altura y a 5 m de altura para poder ver la estratificación térmica, además del monitoreo exterior que sólo se llevó a cabo en un solo lugar, ya que la temperatura ambiental es uniforme. La instalación de dichos monitores se hizo en la cara con inclinación oeste-norte, debido a que es la que da al área de producción elegido para analizar.

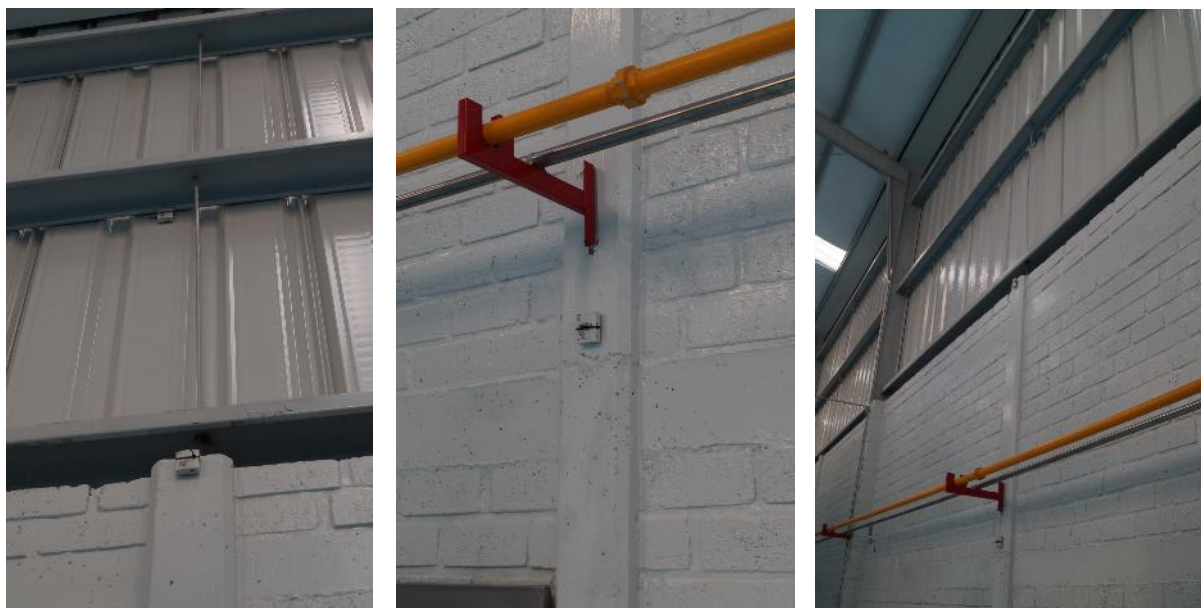


Ilustración 49. Instalación de dataloggers en Fábrica 1. Elaboración propia.

Resultados de monitoreo de Temperatura en Fábrica 1 en la primera etapa, del 27 de octubre al 07 de noviembre de 2017

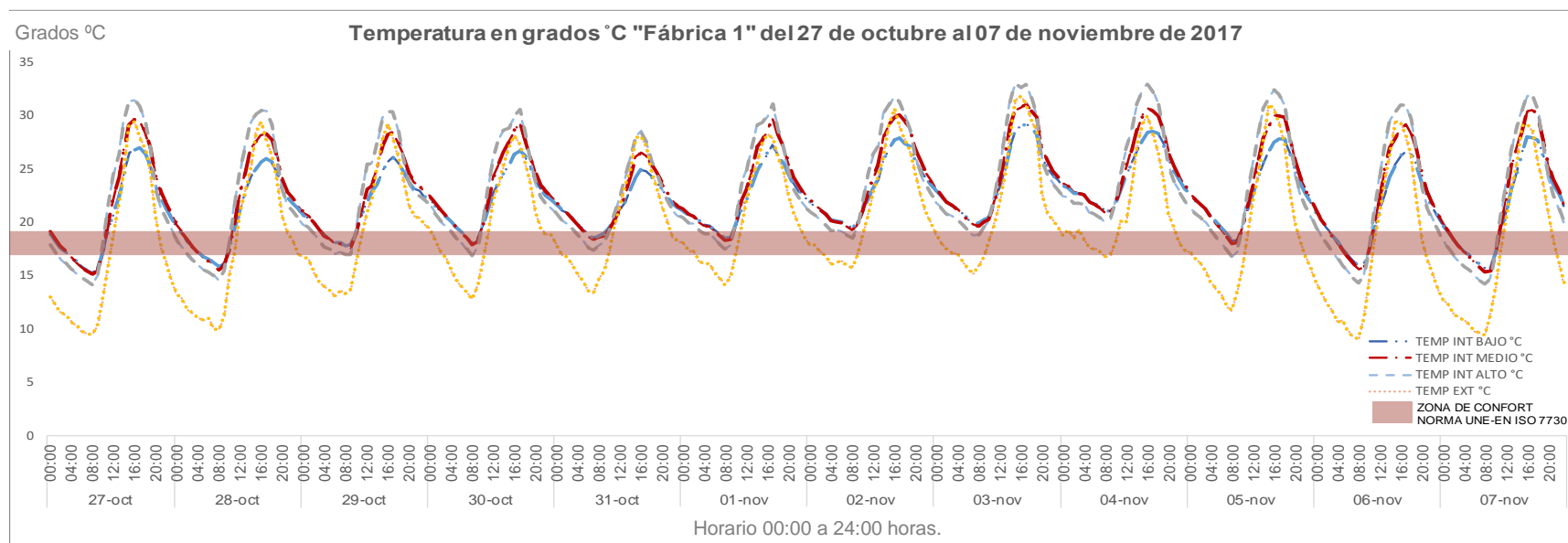


Ilustración 50. Monitoreo de temperatura de Fábrica 1. Del 27 de octubre al 07 de noviembre. Elaboración propia.

Durante la primera etapa de monitoreo en esta fábrica, en la cual no se contaba con sistema de climatización artificial, así como no estaba activa la producción de alimentos, se observa que el comportamiento térmico interior sigue el mismo recorrido que la temperatura exterior, por lo que la temperatura no tiene un comportamiento constante. Por otro lado, la temperatura interior puede llegar a estar hasta 6.8 °C por encima de la temperatura exterior. Mientras que se observa que en el horario en que se trabaja en el lugar, que es de 8:00 a 17:00 horas, la temperatura llega a estar hasta 7 °C por encima de lo óptimo, tomando en cuenta que el punto más bajo de medición es casi a la altura de una persona a 2 m. de altura.

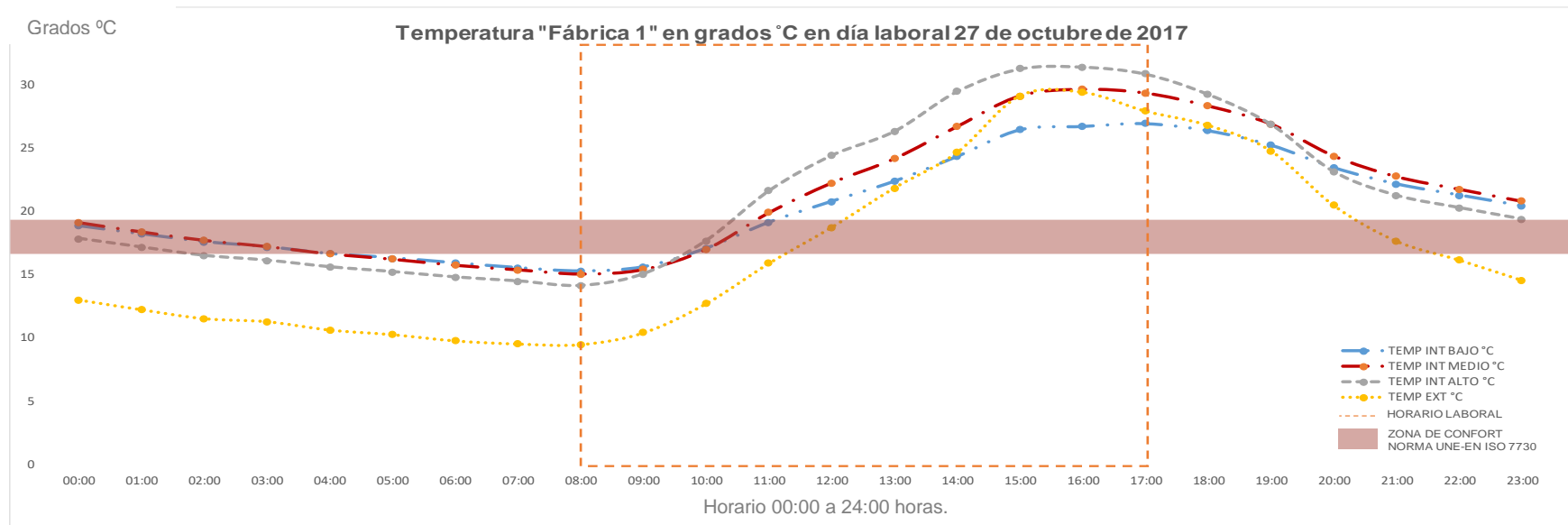


Ilustración 51. Monitoreo de temperatura en fábrica 1 etapa 1. Elaboración propia.

Se elaboró una gráfica para ver qué es lo que sucede en un día, aunque en la primera etapa no estaba en producción la industria, se puede observar cómo se da una estratificación térmica, del calor aun sin personas laborando en el lugar, lo cual significa que el aire de distintas densidades se estratifica en capas en función de su temperatura, siendo que a mayor densidad y menor temperatura estará más cercano al piso y a menor densidad y mayor temperatura más lejano al piso. Por otro lado, las temperaturas más cercanas al confort térmico se dan durante la noche, mientras que durante el día la temperatura mediada por el datalogger instalado a la altura de 2m. más cercana a la de una persona llega hasta los 25 ° C, lo que significa 6 ° C por encima del límite máximo óptimo. La trayectoria de la temperatura a lo largo del día en el interior tiene un comportamiento similar al exterior, esto quiere decir que la envolvente del edificio no está realmente aislada, ya que los materiales de esta transfieren el calor del exterior hacia el interior. Lo cual afecta a los trabajadores y a la temperatura deseada en los productos terminados para comercializar, teniendo que recurrir a la climatización artificial.

Resultados de monitoreo de Humedad en Fábrica 1 en la primera etapa, del 27 de octubre al 07 de noviembre de 2017

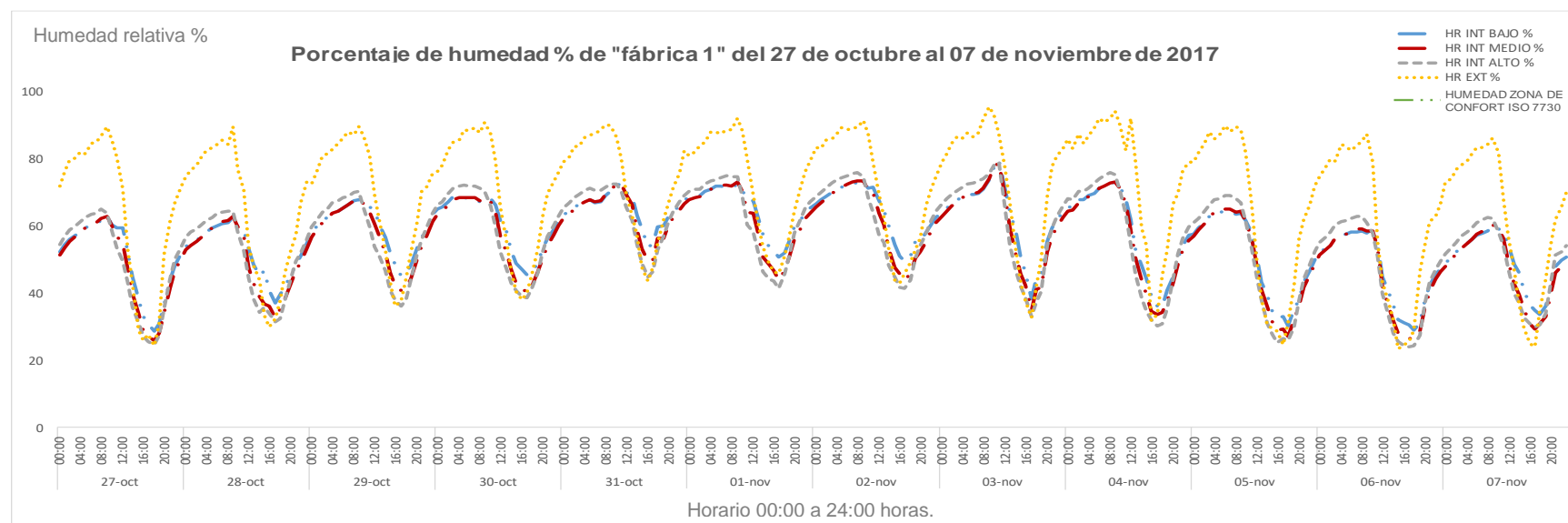


Ilustración 52. Humedad relativa fábrica 1 en etapa 1. Elaboración propia.

En este registro de la humedad relativa, se puede ver lo que se mencionaba anteriormente en la temperatura, la trayectoria no es uniforme y sigue el comportamiento exterior; sin embargo, en este caso la humedad relativa tiene otro comportamiento, en el que durante la noche es alta, mientras que en el día hay lapsos de tiempo en el que se encuentra dentro de los límites óptimos e incluso un poco más abajo. La humedad relativa interior es menor a la exterior hasta en un 20%, esto debido a que el aire interior es más seco, ya que en las naves industriales se cuentan con pocos cerramientos por la inocuidad de los productos, no se transfiere tanta humedad del exterior. Mientras que en el lapso de la tarde entre las 14:00 y las 19:00 horas el comportamiento es muy similar entre el interior y el exterior, se sugiere que puede ser por la concentración de humedad de los procesos productivos y por los procesos de transpiración de los trabajadores.

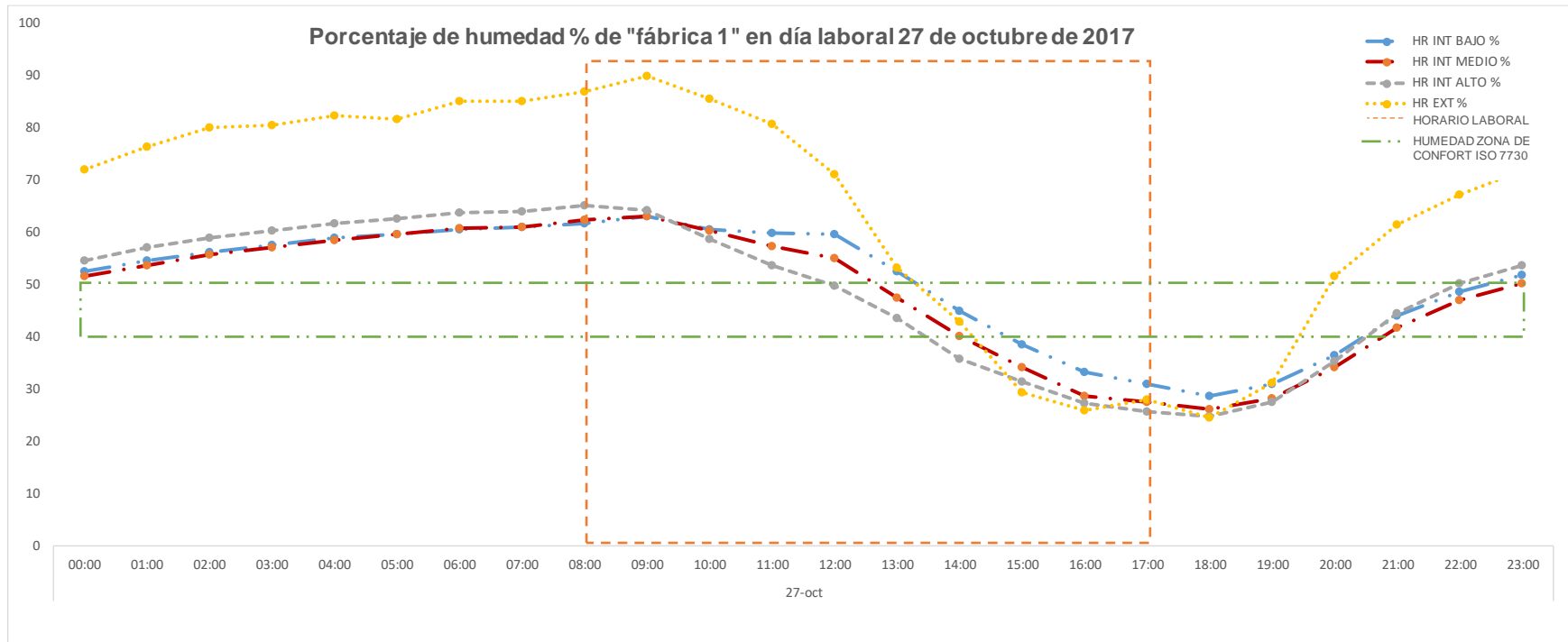


Ilustración 53. Humedad relativa en fábrica1 en etapa 1, en día laboral. Elaboración propia.

Como se mencionó en la gráfica anterior, la humedad relativa tiende a ser mayor durante la noche, así como se presenta una diferencia de hasta 20% del exterior al interior. Sin embargo, durante el día se puede ver que tienen un comportamiento muy similar el exterior y el interior, además de que la mayor parte del tiempo se encuentra o por encima de lo óptimo o debajo hasta en un 15 %.

Resultados de monitoreo de Temperatura en Fábrica 1 en la segunda etapa, del 19 al 26 de febrero de 2018

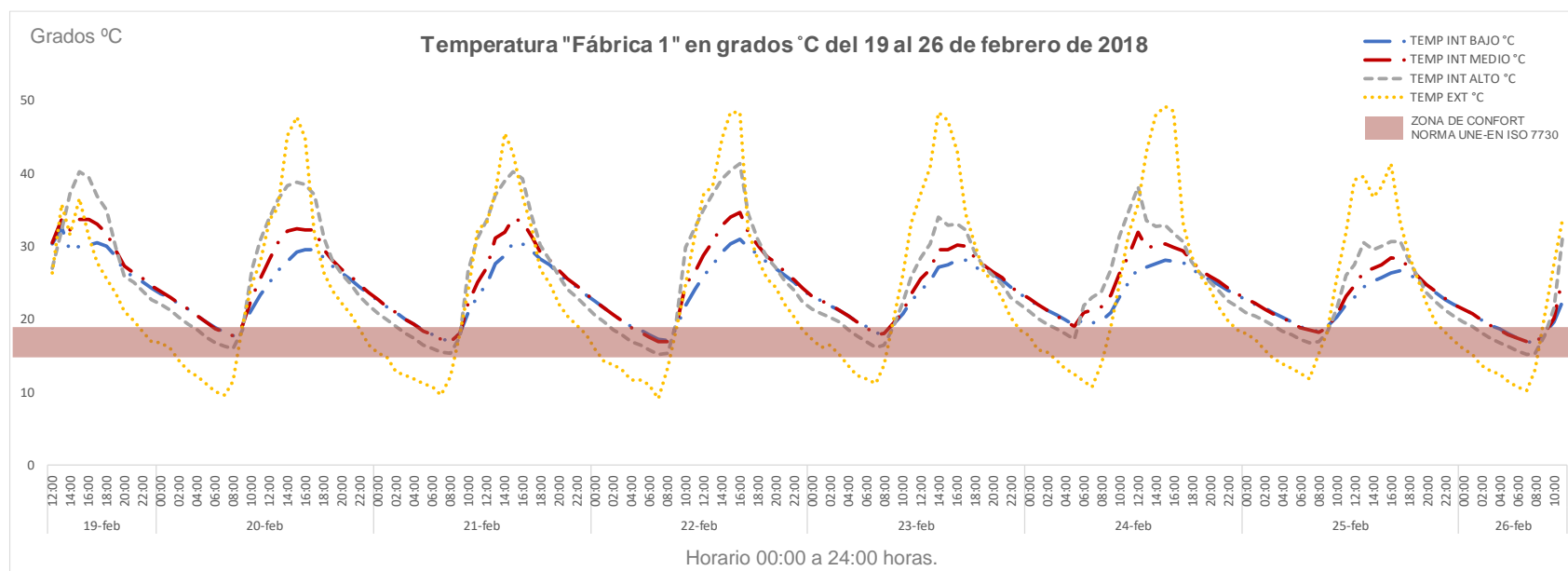


Ilustración 54. Monitoreo de temperatura en fábrica 1 en etapa 2. Elaboración propia.

Durante la segunda etapa de monitoreo, ya se encontraba la fábrica en procesos de producción de alimentos, así como con la climatización a través de aire lavado o por evaporación funcionando durante las horas laborales. Se puede ver como durante el día la temperatura va aumentando, en estos días ha habido temperaturas exteriores más elevadas; sin embargo, en el interior se han mantenido muy por debajo durante el día a la altura de una persona, por lo que se puede ver la diferencia con la climatización artificial. Aun teniendo esta disminución de temperatura, esta se encuentra hasta 10 °C por encima de la óptima. Por otro lado, es más pronunciada la estratificación del calor en diferentes alturas al haber personas laborando y procesos de producción con calderas y maquinaria.

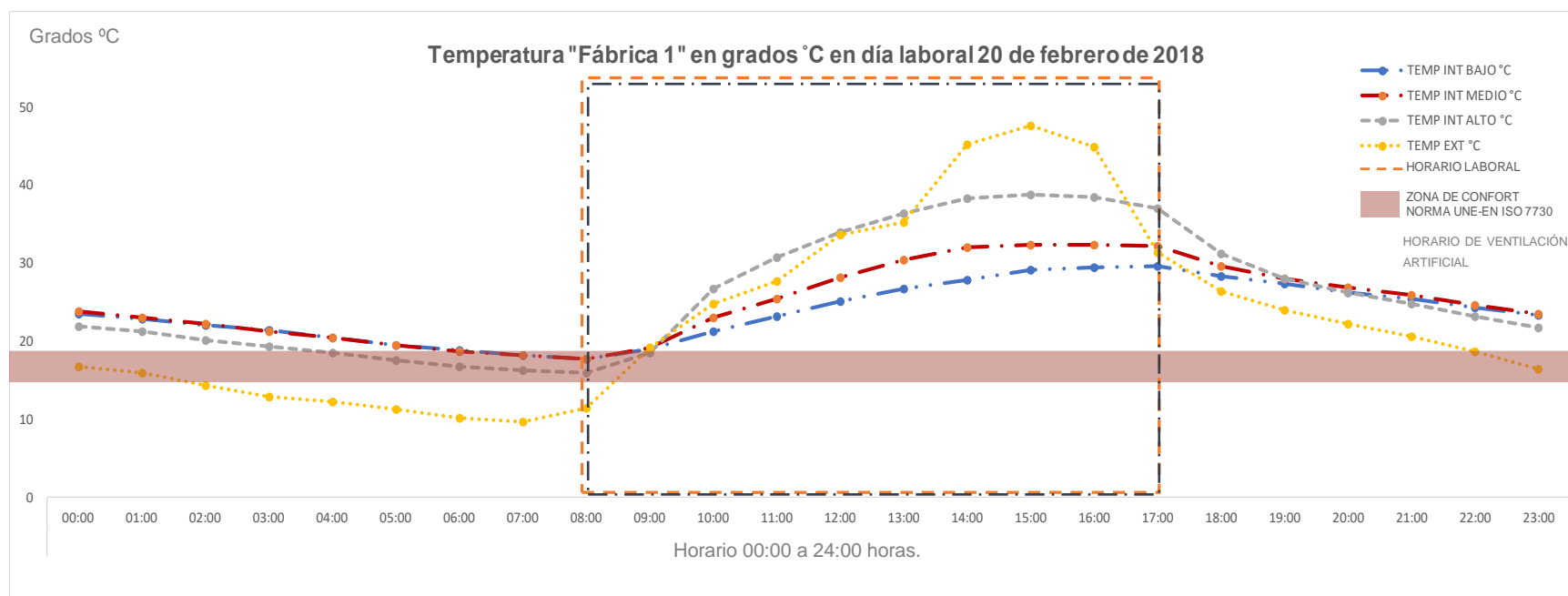


Ilustración 55. Temperatura en fábrica 1 en etapa 2, en día laboral. Elaboración propia.

Durante un día laboral, a la altura de una persona puede llegar a los 30 °C, mientras que, en el proceso de estratificación, con tres puntos diferentes a 1.5 metros entre uno y otro, la temperatura llega hasta los 39 °C, confirmando la tendencia de elevación de temperatura. Como se puede observar las altas temperaturas se registran durante el horario laboral, en donde las personas que trabajan en el lugar están expuestas hasta a 10 °C más de lo que deberían de acuerdo con los parámetros de confort térmico.

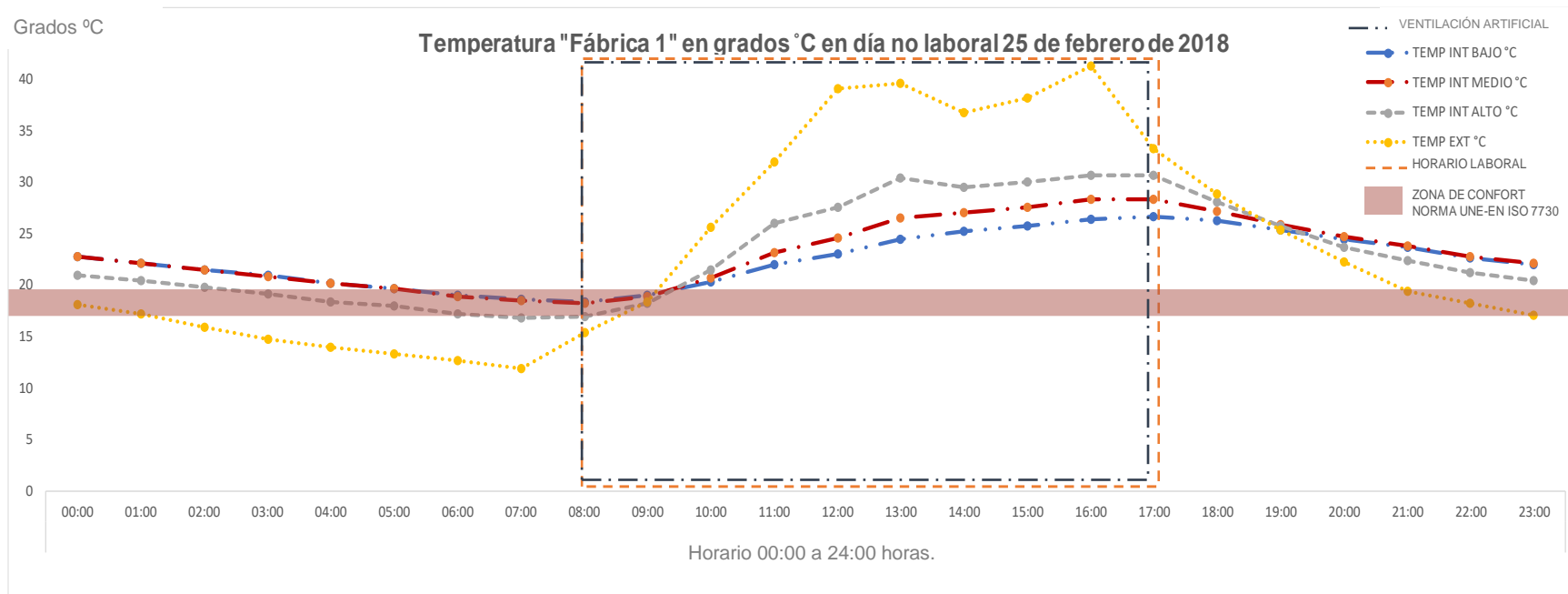


Ilustración 56. Temperatura de fábrica 1 en etapa 2, en día no laboral. Elaboración propia.

En un día no laboral, se puede observar que la temperatura en el interior respecto a un día laboral puede ser menor hasta en 5 °C, mientras que la estratificación es menos pronunciada, debido a que no hay personas trabajando ni sistemas de climatización encendidos. Así como la temperatura exterior se mantiene más elevada durante el día, aun cuando la tendencia sigue el mismo curso tanto en interior como en exterior.

Resultados de monitoreo de Humedad en Fábrica 1 en la segunda etapa, del 19 al 26 de febrero de 2018

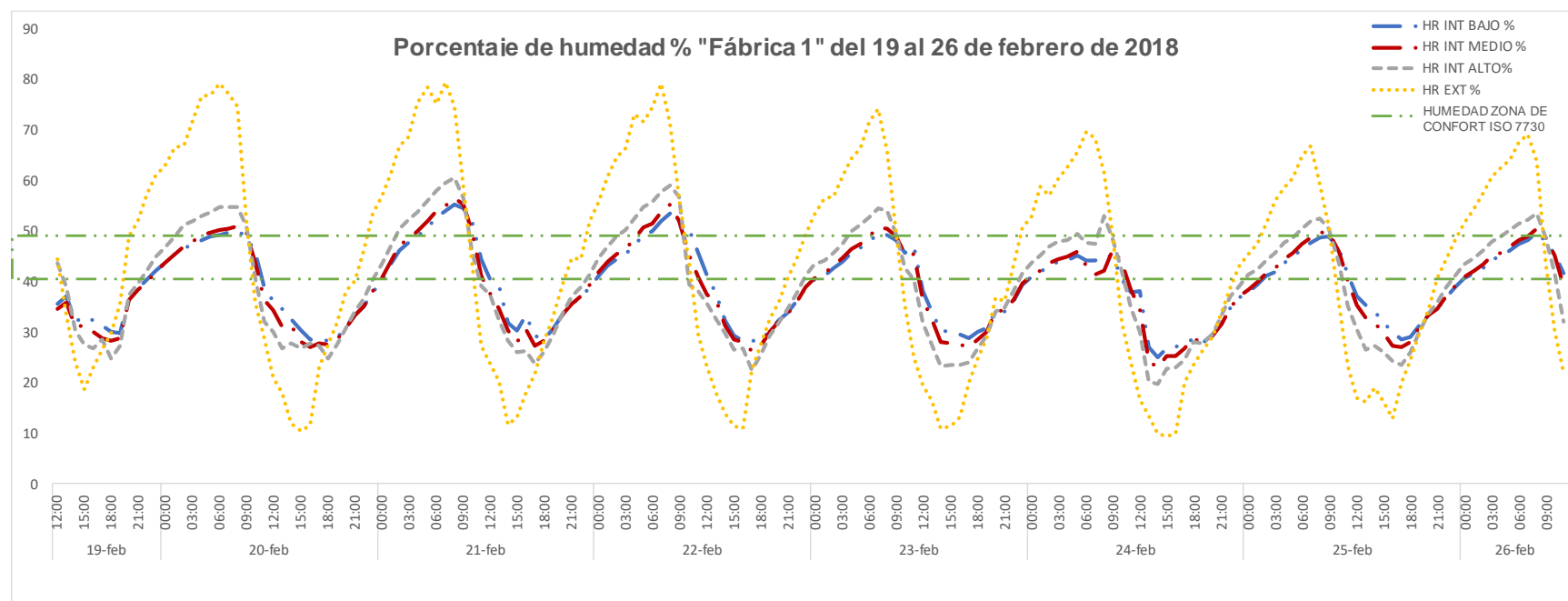


Ilustración 57. Monitoreo de humedad relativa en fábrica 1 en etapa 2. Elaboración propia.

Durante la segunda etapa de registro, se puede observar la influencia de la climatización artificial, en donde, durante el horario laboral la humedad relativa disminuye hasta llegar al 30% y durante la noche sube, sin embargo, se encuentra dentro del rango de los parámetros de confort y aunque la trayectoria de la humedad interior sigue la tendencia de la exterior, hay mayor diferencia entre una y otra, hasta por un 30% de la humedad relativa.

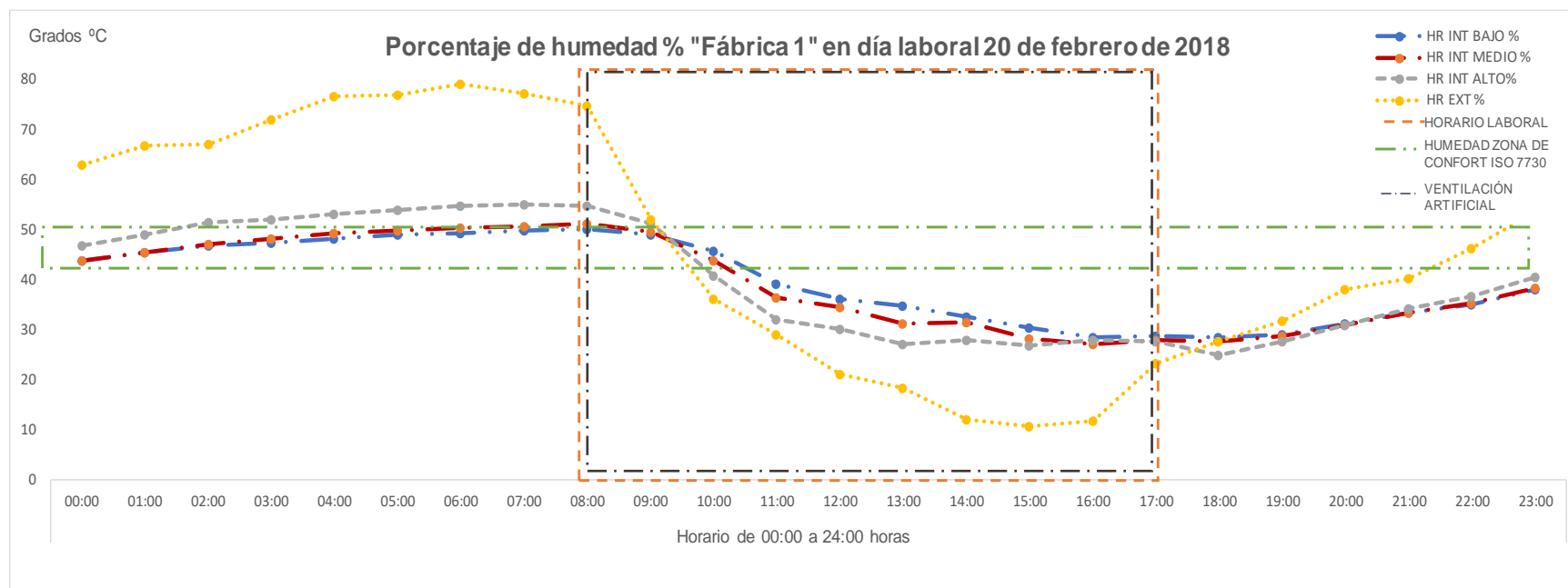


Ilustración 58. Humedad relativa en fábrica 1 etapa 2 en día laboral. Elaboración propia.

Como se mencionó en la gráfica anterior, la humedad relativa tiende a ser mayor durante la noche, así como se presenta una diferencia de hasta 30% del exterior al interior. Durante el horario laboral tiende a disminuir la humedad llegando a estar hasta un 12% por debajo de los parámetros de confort térmico.

Caso 2. Fábrica 2

En este caso, las mediciones fueron hechas en el área de cocinado y troquelado, debido a que es en donde trabajan más personas, el registro de temperatura interior, exterior y humedad relativa interior y exterior fue llevado a cabo del 13 al 20 de noviembre de 2017. Estos monitoreos se registraron en intervalos de una hora, en tres distintas alturas en el interior: a 1.5m de altura, a 2.5 m de altura y a 3.5 m de altura para poder ver la estratificación del calor, además del monitoreo exterior.



Ilustración 59. Instalación de dataloggers en fábrica 2. Elaboración propia.

Resultados de monitoreo de Temperatura en Fábrica 2. Del 13 al 20 de noviembre de 2017

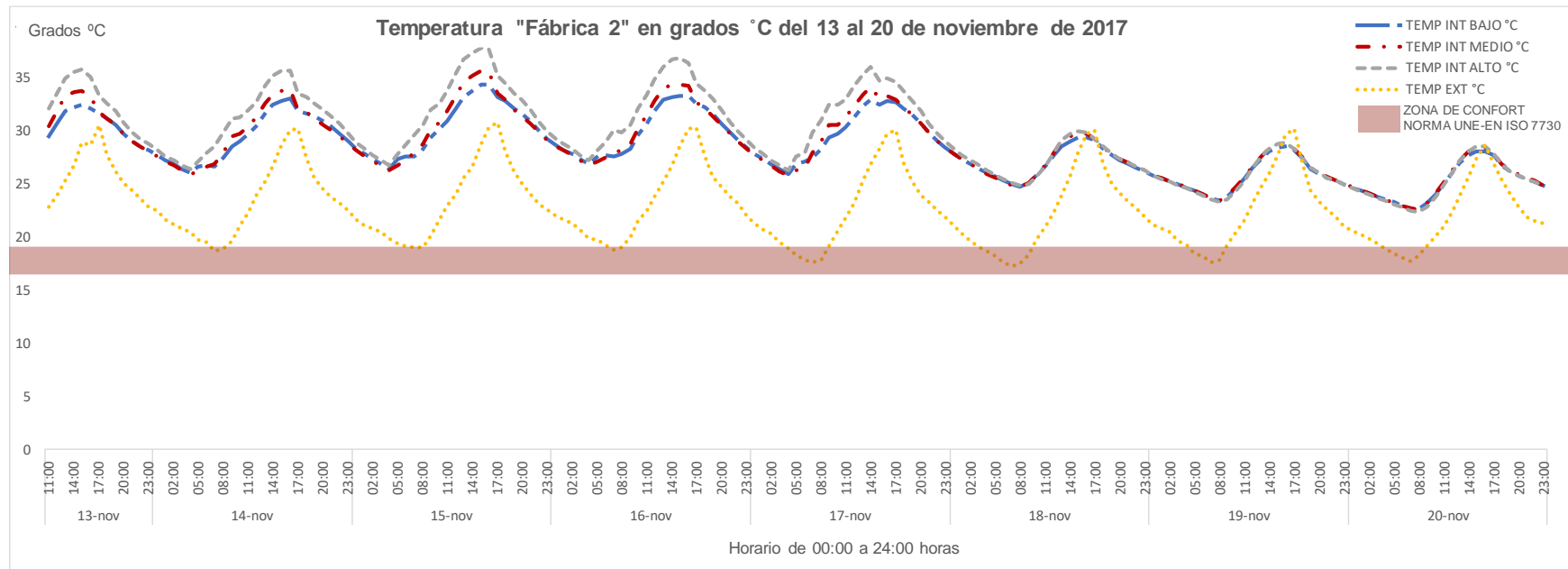


Ilustración 60. Monitoreo de temperatura en fábrica 2. Elaboración propia.

Los resultados observados en esta fábrica en donde se cuenta con equipo de climatización por inyección y extracción de aire sugieren que la temperatura sigue el mismo comportamiento que la temperatura exterior al igual que en el caso de la fábrica 1. Teniendo en cuenta que, si la envolvente estuviera aislando correctamente, la temperatura tendría un comportamiento constante. Por otro lado, la temperatura a la altura de monitoreo más cercana a la de una persona, que se llevó a cabo a 1.5 m. de altura, puede llegar a los 34 °C durante el horario laboral, lo cual está en 15 °C por encima de la normativa.

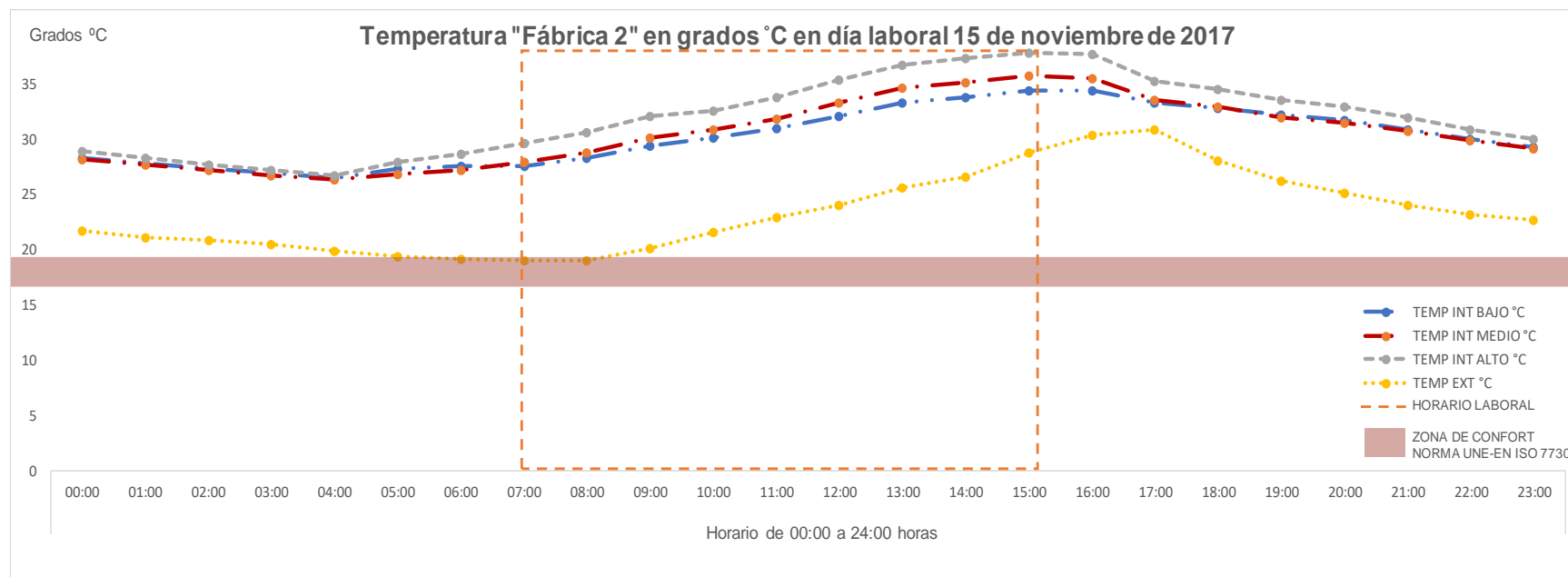


Ilustración 61. Temperatura en fábrica 2 en día laboral. Elaboración propia.

En un día laboral, se puede observar que en el horario laboral la temperatura va subiendo y se muestra una estratificación del calor. La temperatura interior respecto a la exterior puede estar por encima hasta en 9.7 °C, por lo que se puede decir que la envolvente no está cumpliendo con la función de aislar, así mismo, la ventilación y climatización artificial no están siendo las adecuadas para conseguir el confort térmico. También se puede ver que, durante el día, la temperatura a la altura de una persona llega hasta los 34.4 °C, estando 15.4 °C por encima de lo ideal de acuerdo con la normativa. Por otro lado, durante la noche no baja mucho la temperatura lo que indica que no hay una correcta ventilación y que los materiales de la envolvente están almacenando el calor, el cual se disipa durante la noche.

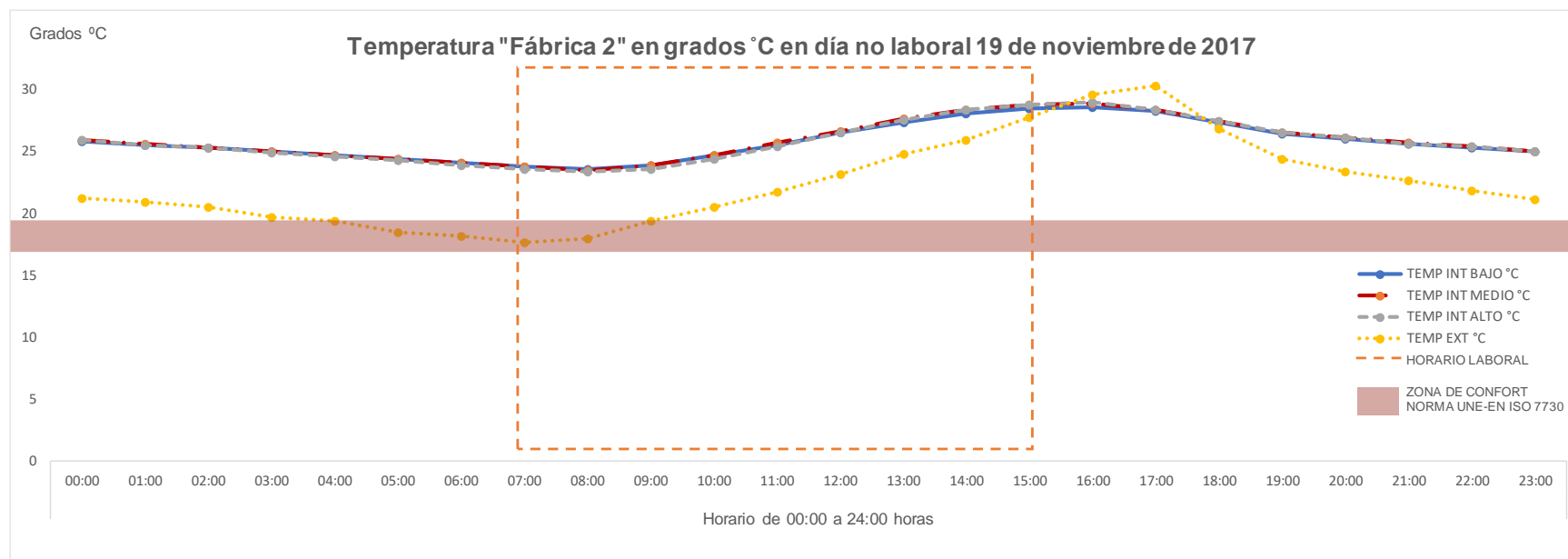


Ilustración 62. Temperatura en fábrica 2 en día no laboral. Elaboración propia.

El monitoreo durante un día no laboral permite comparar el comportamiento térmico del interior mientras las personas trabajan, la climatización artificial y la maquinaria están en funcionamiento respecto a cuando esto no sucede. En este caso, la estratificación del calor se da cuando lo anterior está funcionando, sin embargo, la diferencia entre la temperatura exterior e interior se da hasta en 6°C, con lo que se puede entender que la elevación de temperatura sigue siendo muy alta en un día no laboral y que las personas y maquinaria influyen en la elevación de temperatura y en la estratificación, el mayor problema es que la envolvente no está aislando correctamente.

Resultados de monitoreo de Humedad en Fábrica 2. Del 13 de octubre al 20 de noviembre de 2017

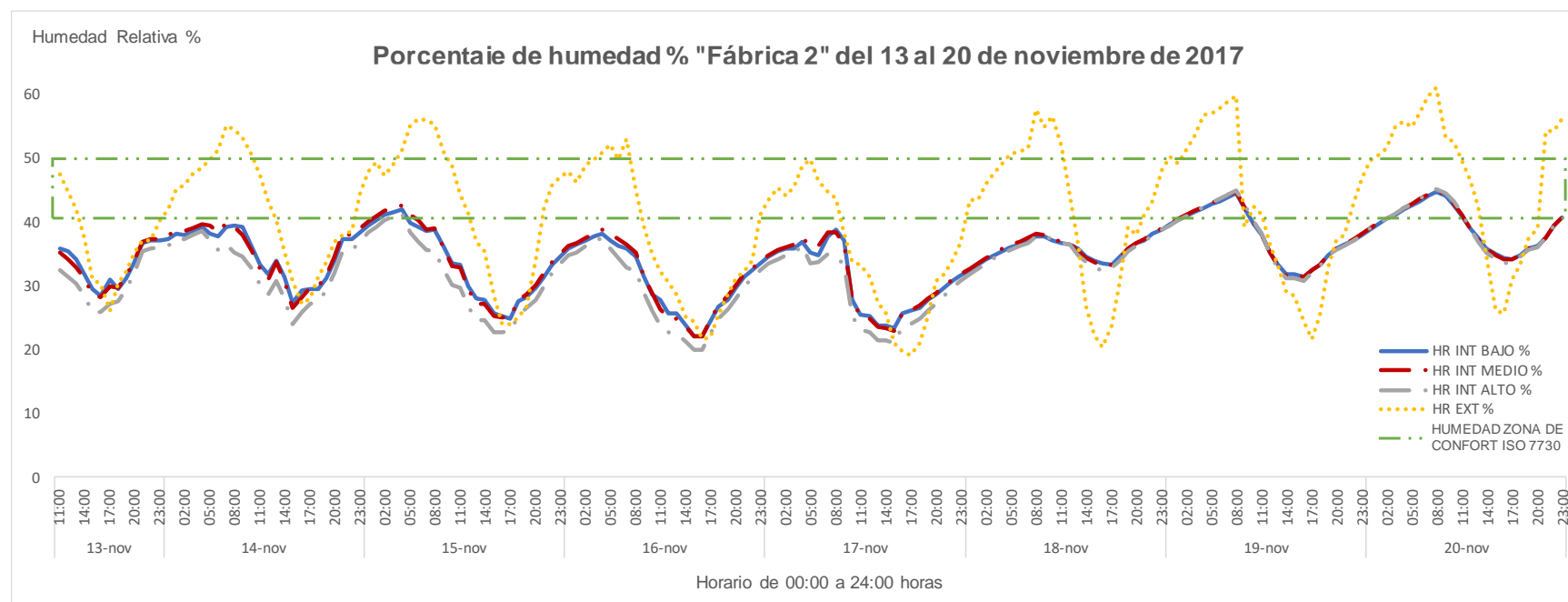


Ilustración 63. Monitoreo de humedad relativa en fábrica 2. Elaboración propia.

En cuanto a la humedad relativa en esta fábrica, se puede observar que esta va disminuyendo a lo largo del día, situándose hasta en un 20% por debajo del óptimo de confort térmico, mientras que va aumentando durante la noche, debido a la concentración del vapor del aire concentrada durante el día. Por otro lado, aunque la tendencia con el exterior es la misma, el interior mantiene una humedad relativa menor hasta en un 30%.

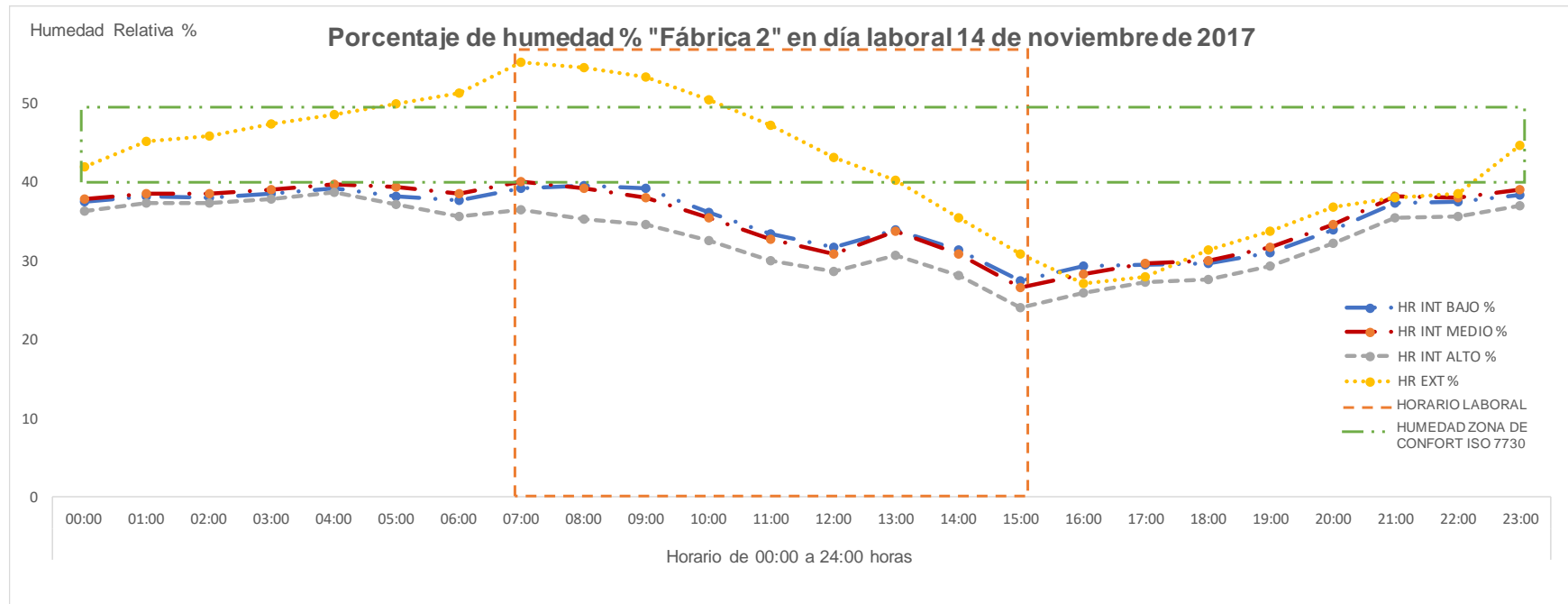


Ilustración 64. Humedad relativa en fábrica 2 en día laboral. Elaboración propia.

En el registro de humedad relativa durante un día laboral, se puede ver que durante la noche se acerca más al rango de confort térmico de acuerdo con la normativa y que durante el día disminuye significativamente hasta en un 12%, además de que se incrementa la diferencia con respecto al exterior hasta en un 15%.

Caso 3. Fábrica 3

En este caso el registro de temperatura y humedad relativa fue hecho en el área de rastro y en área de corte y despiece, debido a que son las zonas en donde trabajan más personas. Por otro lado, se eligieron dos áreas distintas ya que en el área de corte y despiece se trabaja con dispositivos de enfriamiento por requerimientos de temperatura a la que se debe trabajar la carne cruda y en el área de rastro se trabaja a temperatura ambiente. Además de que en la primera se construyó con materiales convencionales y en la segunda con paneles tipo sándwich con relleno de poliestireno, por lo cual se buscó obtener el comportamiento en el confort térmico con las distintas características. Los registros fueron realizados en intervalos de una hora, en tres distintas alturas en el interior: en área de corte y despiece a 2m de altura, a 3.5 m de altura y a 5 m de altura para poder ver la estratificación del calor, además del monitoreo exterior.



Ilustración 65. Instalación de dataloggers en fábrica 3. Elaboración propia.

Resultados de monitoreo de Temperatura en Fábrica 3 Área 1 (Rastro). Del 26 de febrero al 05 de marzo de 2018

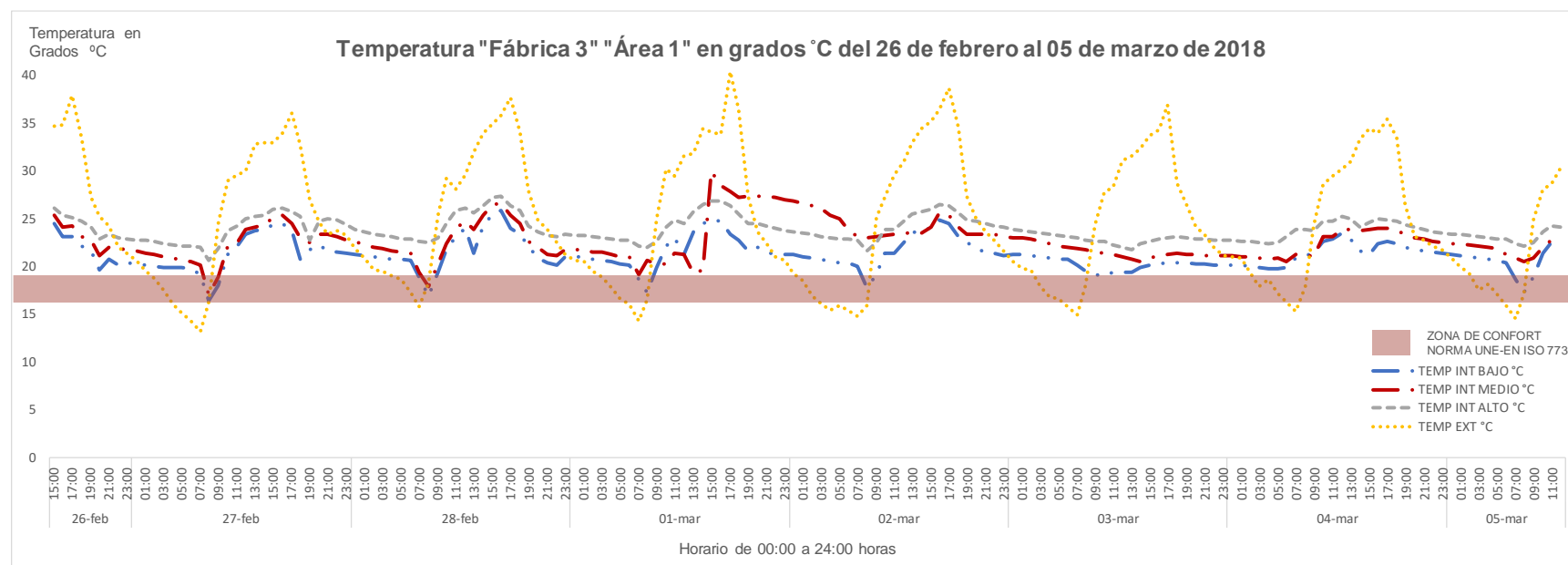


Ilustración 66. Monitoreo de temperatura en fábrica 3 en área 1. Elaboración propia.

El monitoreo de temperatura en esta área tiene como variables, el que es el lugar de sacrificio de porcino, en donde se da un constante incremento de la temperatura debido a este proceso, ya que ahí se sacrifican hasta 400 porcinos por día. Teniendo en cuenta estos factores y que hay un inyector y extractor de aire, se puede observar que, aunque la temperatura no está dentro de los parámetros de confort ideal, esta se encuentra hasta en 11.4 °C por debajo de la temperatura exterior. Por otro lado, dentro de los parámetros de confort de acuerdo con la normativa, el interior se encuentra hasta en 6.4 °C por encima del óptimo. También se puede observar cómo se da una estratificación del calor.

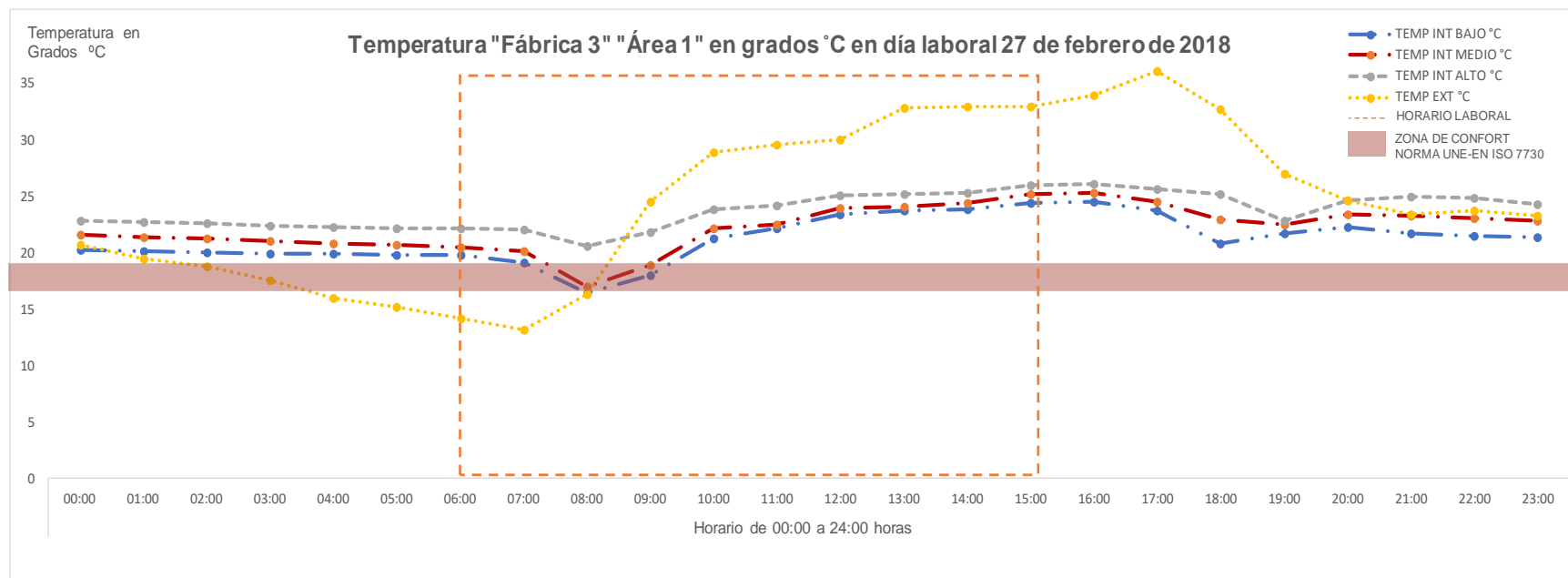


Ilustración 67. Temperatura en fábrica 3 en área 1, en día laboral. Elaboración propia.

De acuerdo con los registros de un día laboral, en esta área, la temperatura mantiene una trayectoria casi uniforme a lo largo del día, con lo que se puede ver que, si se da el aislamiento por parte de la envolvente, además de que se disminuye hasta en 12.3 °C respecto a la temperatura exterior. Sin embargo, se puede observar que los materiales de la envolvente si almacenan cierta cantidad del calor, ya que durante la noche no disminuye mucho. Por otro lado, en horario laboral, la temperatura a la altura de una persona puede elevarse hasta en 4.7°C respecto al límite máximo de temperatura óptima.

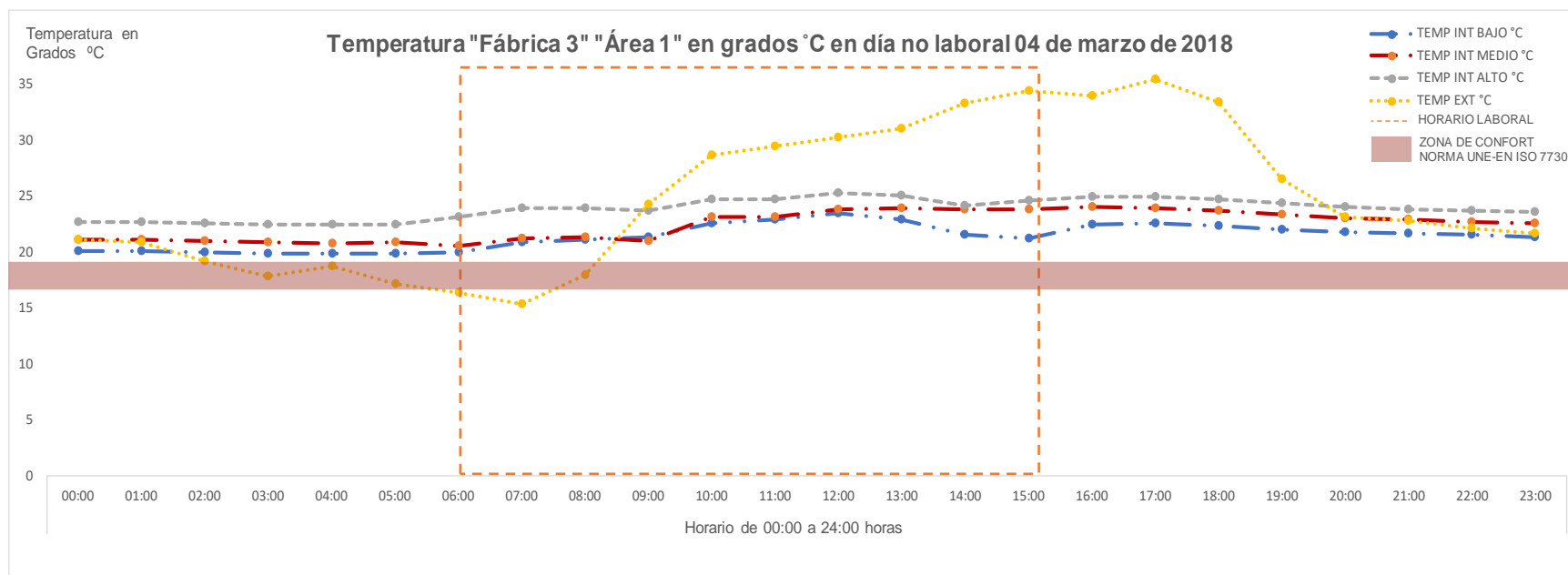


Ilustración 68. Temperatura en fábrica 3, en área 1, en día no laboral. Elaboración propia.

En un día no laboral, en esta área se puede ver un comportamiento casi lineal de la temperatura, lo que demuestra que la actividad de producción influye de manera significativa al aumento de temperatura. Por otro lado, se sigue dando la estratificación del calor cuando no hay personas ni maquinaria encendida, lo que indica que el calor necesita de otra salida, es decir, extraer el aire caliente del lugar. Sin embargo, la temperatura se encuentra por encima de lo óptimo en muy pocos grados, al solo tener máximo 4.5 °C por arriba de la normativa.

Resultados de monitoreo de Humedad en Fábrica 3 Área 1 (Rastro). Del 26 de febrero al 05 de marzo de 2018

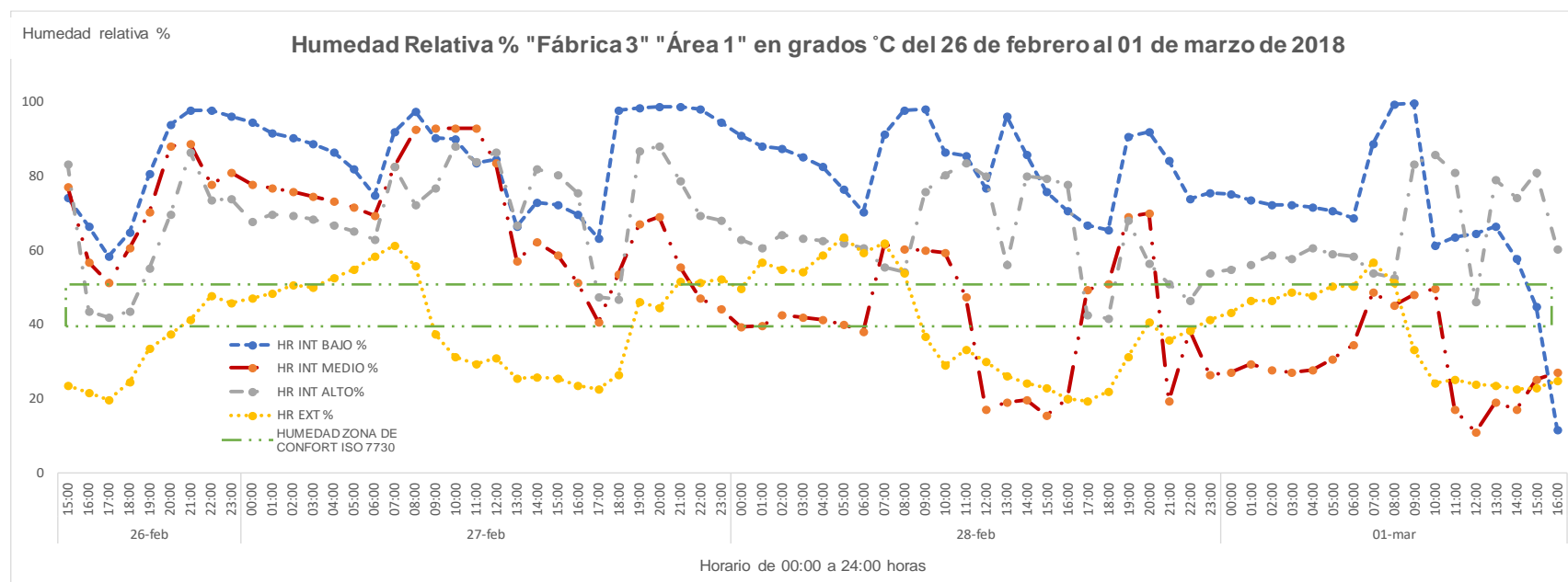


Ilustración 69. Monitoreo de humedad relativa en fábrica 3 en área 1. Elaboración propia.

El registro de humedad relativa en dicha área muestra lo que se mencionó anteriormente de la actividad de sacrificio de porcino, ya que hay mucho vapor de agua en el aire, ya que hay un tanque de agua hirviendo, además del movimiento constante del porcino, en donde la humedad relativa llega hasta el 100% y se dan distintas elevaciones y disminuciones muy marcadas. Por otro lado, a la altura de 2m. siendo el monitoreo más cercano a la altura de una persona es en donde más humedad se da ya que a esa altura se encuentra el proceso antes mencionado, así mismo la humedad respecto al exterior puede aumentar abruptamente hasta en un 60%. La humedad relativa puede estar hasta en un 48% por encima del límite máximo óptimo del porcentaje de humedad relativa del 50% de acuerdo con la normativa.

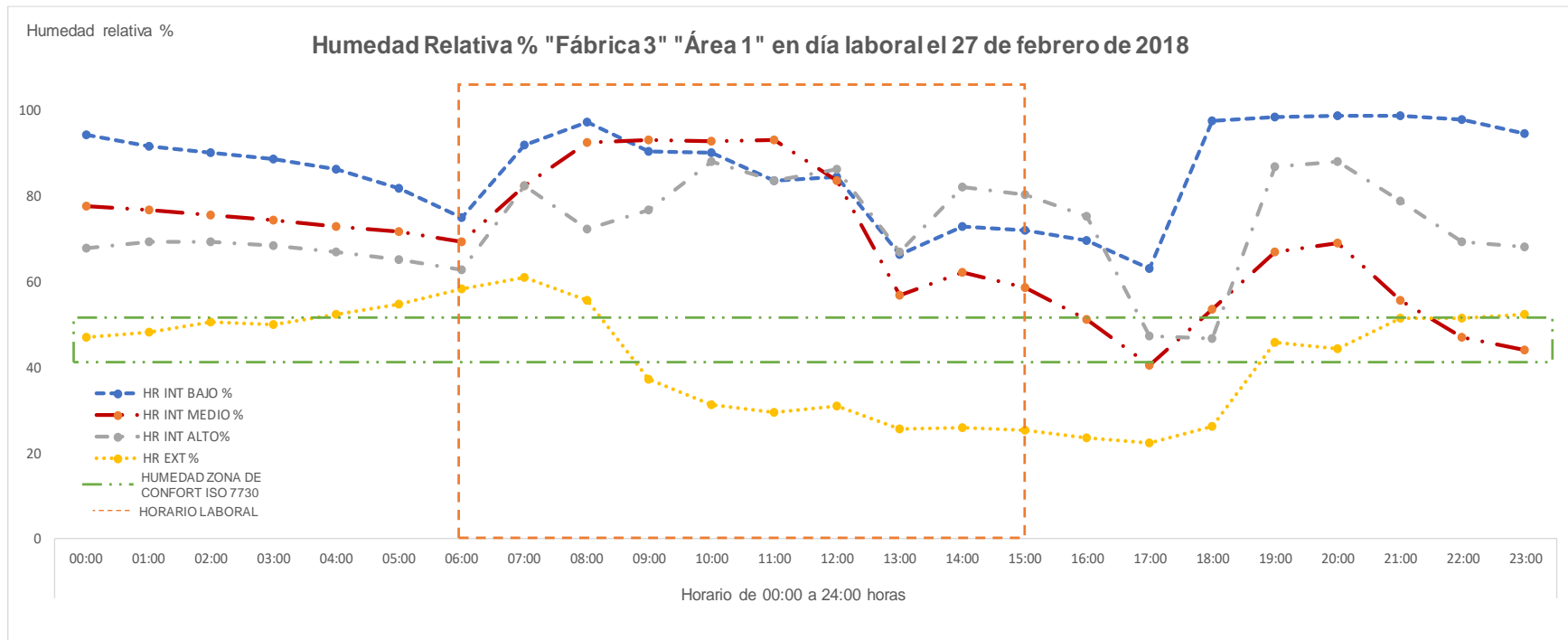


Ilustración 70. Humedad relativa en fábrica 3 en área 1 en día laboral. Elaboración propia.

En un día laboral, en esta área, se puede observar que mientras en el exterior la humedad relativa va disminuyendo en el día, en el interior esta va aumentando, como se mencionaba anteriormente debido a los procesos de producción. Se puede ver que en el horario de producción la humedad relativa está hasta un 50% por encima de la normativa. Con esto se puede sugerir que las estrategias implementadas para reducir la temperatura interior no han tenido función en términos de humedad relativa.

Resultados de monitoreo de Temperatura en Fábrica 3 Área 2 (Corte y despiece). Del 26 de febrero al 05 de marzo de 2018

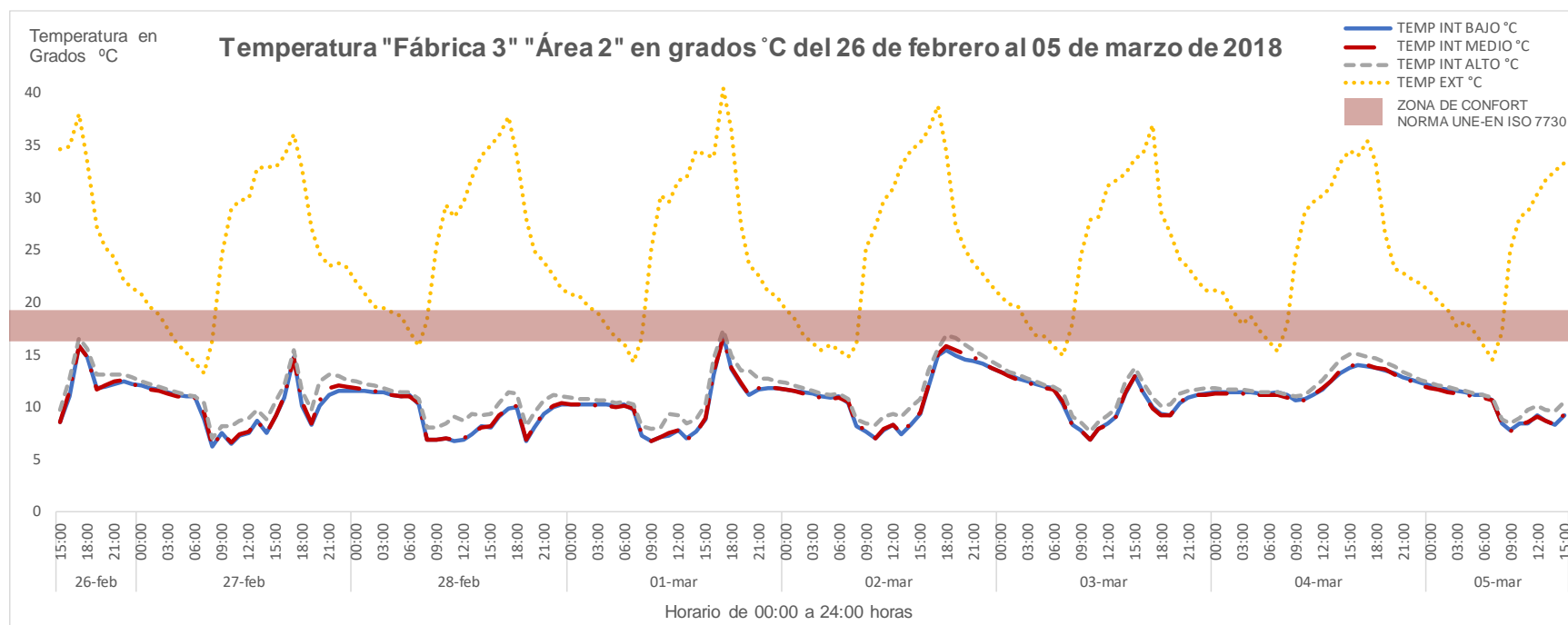


Ilustración 71. Monitoreo de temperatura en fábrica 3, área 2. Elaboración propia.

El área es refrigerada, ya que se corta y despieza la carne, las condiciones de temperatura se deben mantener alrededor de los 10 °C, es por esto que para las personas que trabajan en el área, la temperatura está por debajo de la normativa de confort térmico hasta por 9 °C. Dado las circunstancias en este caso, se analiza el comportamiento de los equipos de enfriamiento más que el confort térmico, en donde se puede observar que la temperatura no se mantiene constante como debería, sino que se dan elevaciones y disminuciones muy marcadas.

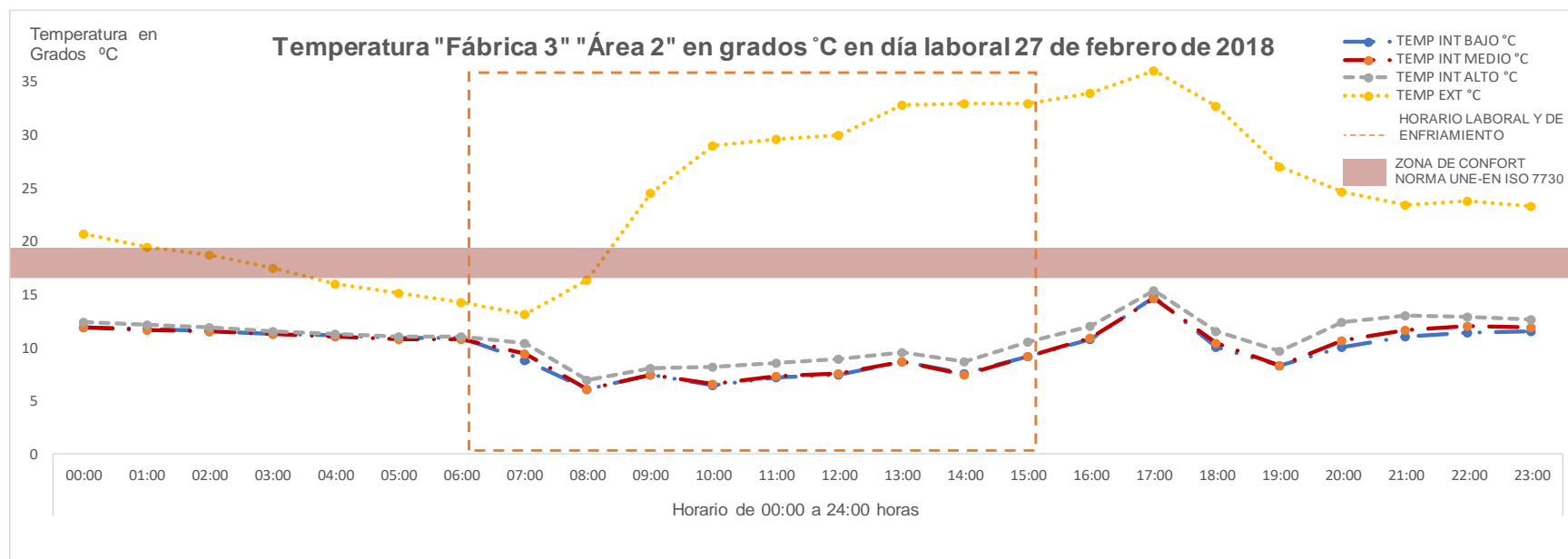


Ilustración 72. Temperatura en fábrica 3, área 2, en día laboral. Elaboración propia.

En un día laboral, en horario de producción de 08:00 a 15:00 horas, se puede observar que la temperatura no se mantiene constante, por lo que se sugiere que hay factores influenciando a que las condiciones no mantengan un comportamiento lineal con el sistema de enfriamiento utilizado, los cuales son; la puerta de entrada de porcinos no se cierra, lo cual hace que escape el frío, el sistema de enfriamiento es de encendido manual, por lo que al no ser automatizado, se permite que el sistema tome más energía para seguir bajando la temperatura. El calor que emiten las personas en la producción también tiene influencia en la elevación de la temperatura lo que lleva a que el sistema tenga más esfuerzo en alcanzar la temperatura, sin embargo, no está regulado para que no baje a más de 10°C, ya que no es necesario disminuirla más de esos grados. Se puede ver que, en el horario no laboral, la temperatura se mantiene constante, lo cual sugiere que los factores mencionados anteriormente tienen gran influencia.

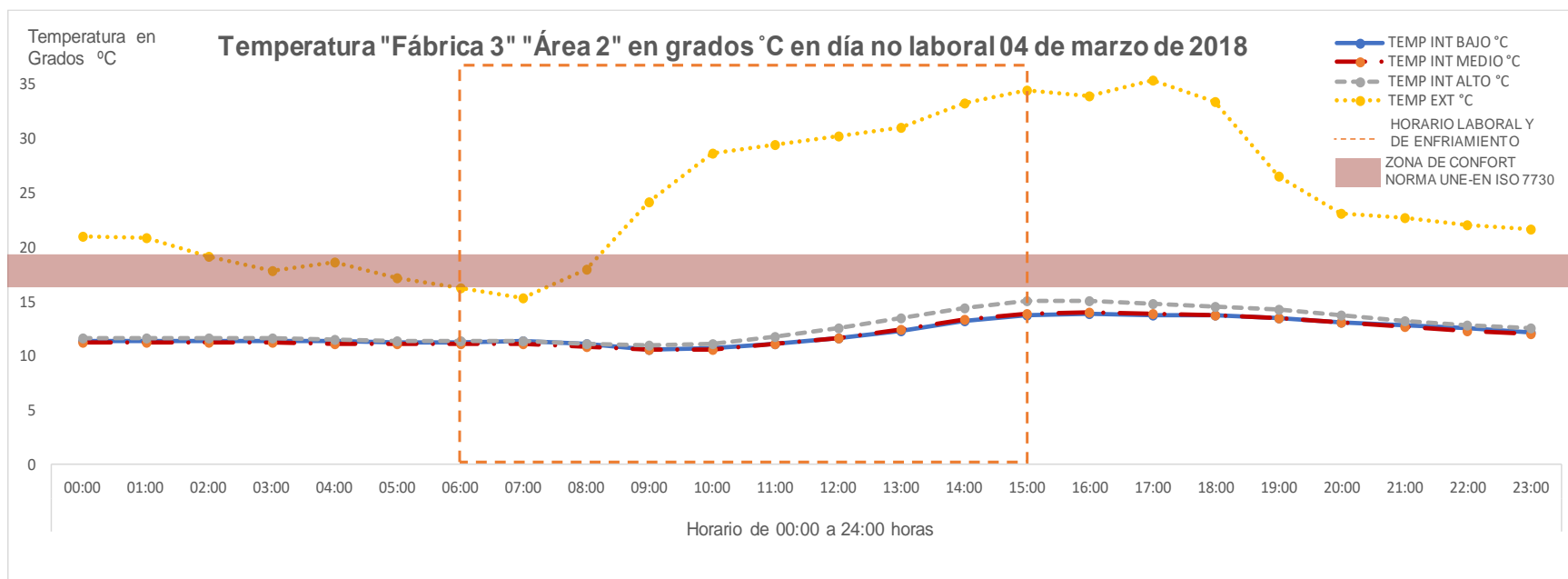


Ilustración 73. Temperatura en fábrica 3, área 2, en día no laboral. Elaboración propia.

En un día no laboral, se puede ver que la temperatura se mantiene constante entre los 10.5 °C y los 13.7 °C, no bajando de los 10°C que se requieren para mantener el producto, esto debido a los factores que se mencionaban en la gráfica anterior, ya que las puertas están cerradas y no hay personas laborando.

Resultados de monitoreo de Humedad en Fábrica 3 Área 2 (Corte y despiece). Del 26 de febrero al 05 de marzo de 2018

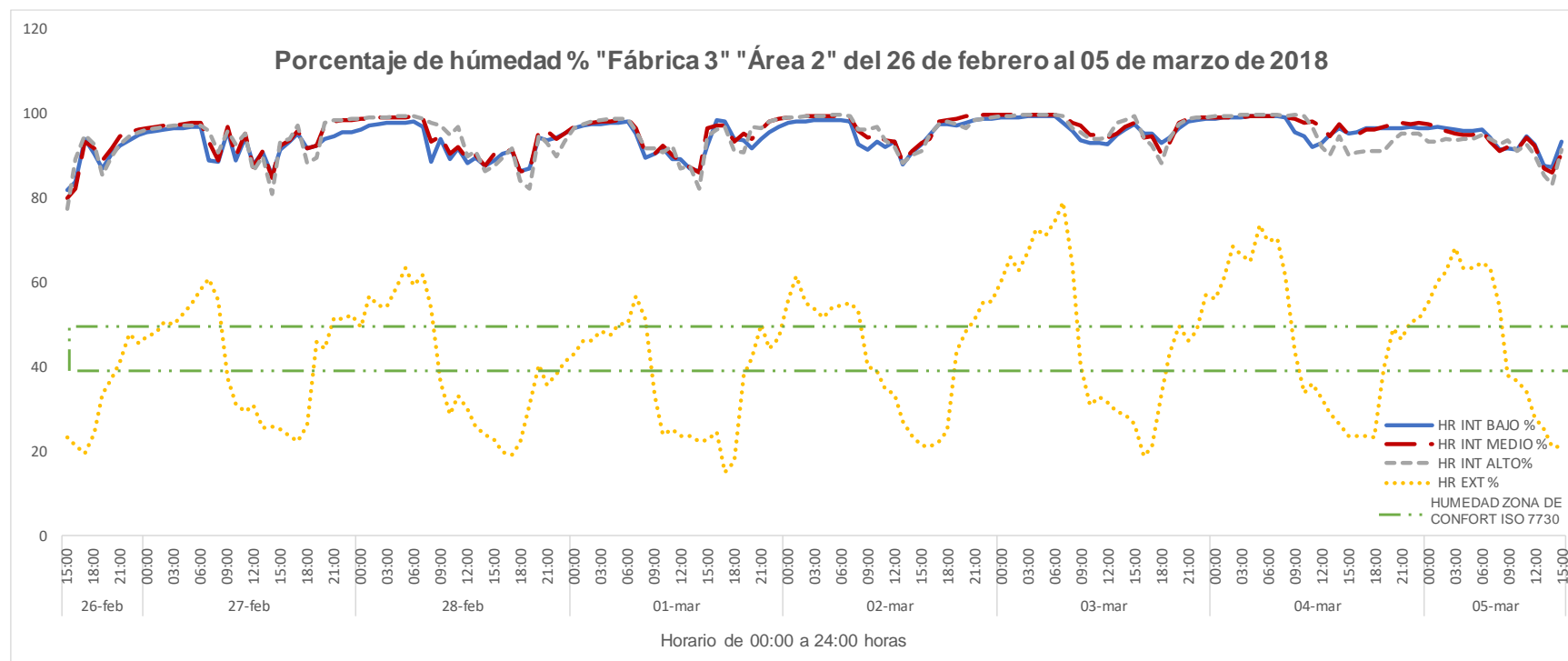


Ilustración 74. Monitoreo de humedad relativa en fábrica 3, área 2. Elaboración propia.

Como se mencionó anteriormente, esta área se encuentra permanentemente refrigerada, por lo que en este caso se puede observar una humedad relativa muy alta, de hasta un 100%, también se puede ver que se dan cambios muy marcados de humedad relativa en el horario laboral por los factores que se han mencionado. Como son: la puerta de entrada de porcinos no se cierra, lo cual permite el intercambio de condiciones de un espacio a otro, la transpiración de las personas en la producción también tiene influencia.

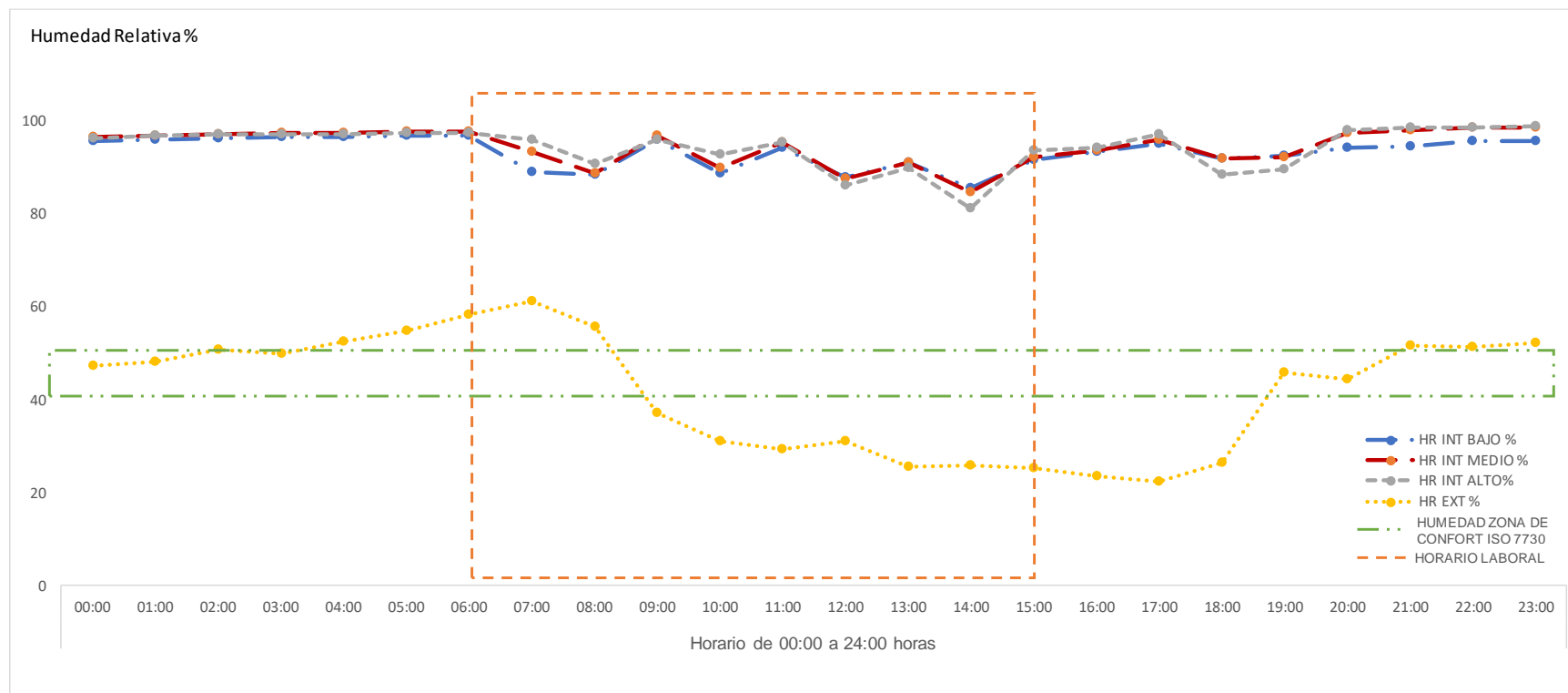


Ilustración 75. Humedad relativa en fábrica 3, área 2, en día laboral el 27 de febrero de 2018. Elaboración propia.

Se puede observar en los registros de un día laboral, como en las horas de producción se dan variaciones marcadas en la humedad relativa y las personas llegan a trabajar en un ambiente de 100% de humedad relativa, lo que significa un 50% por encima de lo óptimo de acuerdo con la normativa que sugiere de entre 40% y 50% de humedad relativa.

4.1.4 Consumo de energía por climatización artificial en las tres industrias

Se ha realizado un análisis del consumo de electricidad por mes de cada una de las industrias objeto de estudio de este trabajo, utilizando información acerca del tipo de sistemas que se utilizan para climatizar los espacios de producción, así como el horario de encendido y apagado de los mismos y el horario de la producción.

Se ha buscado tener un panorama tanto del gasto energético como del impacto ambiental que esto genera a través de las emisiones de gases de efecto invernadero, tomadas en cuenta con los factores de CO₂ equivalente (CO₂-eq). El dióxido de carbono equivalente (CO₂eq.) es una unidad de medida utilizada para describir el Potencial de Calentamiento de Global (GWP, por sus siglas en inglés), según la posibilidad que tienen otros GEI distintos del CO₂ de variar el balance radiativo del planeta.

Se ha utilizado el software SimaPro Phd 8.5.0.0 desarrollado por PRé Consultants, con la metodología de cálculo IPCC 2013 GWP 100a, versión 1.03, de los factores de potencial de calentamiento global por el uso de electricidad de acuerdo con la tensión manejada. Tomando en cuenta los efectos a 100 años (ver tabla 9) y los factores de potencial de calentamiento global más destacados (PRé Consultants, 2014), (Ver anexo 8).

Tabla 9. CO₂ equivalente por electricidad.

Co₂ -equivalente por uso de 1 kW/h de electricidad de acuerdo a tipo de tensión	
Tensión	kg. Co₂- eq kW/h.
Baja	0.742
Media	0.645
Alta	0.626

Fuente: SimaPro Phd 8.5.0.0, PRé Consultants, 2013.

Se ha utilizado la siguiente ecuación para determinar la energía utilizada

$$\text{Energía (kWh)} = \text{Potencia (kW)} \cdot \text{Tiempo (h)} \text{ (CNFL, 2016).}$$

Análisis de gasto de electricidad y emisiones de CO₂ equivalente por climatización

Caso 1.

En el caso de la fábrica 1, en el área de producción, se cuenta con un sistema de aire lavado, el cual utiliza un motor con una potencia de 3.73 kWh, el cual es utilizado durante toda la jornada laboral de 9 horas.

De acuerdo con la tarifa de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), tomada del recibo de luz de la fábrica, el precio por kWh de consumo es en promedio de \$2.50 pesos mexicanos (MXN) al mes de enero del año 2018.

Se trabaja en tensión media, por lo que de acuerdo con PRé Consultants (2013), 1kWh consumido equivale a 0.645 kg. De CO₂-eq.

Tabla 10. CO₂-eq por uso de electricidad en equipo de climatización en fábrica 1 en un mes.

Co ₂ -eq por uso de electricidad en equipo de climatización artificial en "Fábrica 1"							
Equipo de climatización	Cantidad	Potencia (kWh)	Tiempo de uso por día (h)	Energía por día (kWh)	Consumo de energía por mes (kWh)	Co ₂ -eq (kg)	Costo \$\$
Aire lavado (por evaporación)	1.00	3.73	9.00	33.57	805.68	519.66	2,014.20

Elaboración propia.

En la tabla 10, como resultado se ve que el costo es de \$2,014.20 pesos por los 805.68 kWh que se consumen al mes. La empresa invierte en promedio \$10,000 pesos al mes en electricidad, se puede apreciar que la climatización conlleva aproximadamente el 20% del costo de la electricidad general.

En términos más comunes, los 6,235.92 kg. de CO₂-eq emitidos al año, equivalen a:

Tabla 11. Factor de equivalencia de CO₂

6 toneladas de CO ₂ equivale a:	
las emisiones anuales de CO ₂ que producirían:	1 autos compactos recorriendo una distancia promedio anual de: 30,000 km

Fuente: (INECC, 2016).

Caso 2.

En el caso de la fábrica 2, en el área de producción, se cuenta con un sistema de climatización por medio de 4 inyectores y 6 extractores de aire, en donde cada inyector tiene una potencia de 2.98 kWh y cada extractor 1.02 kWh, el cual es utilizado durante toda la jornada laboral de 8 horas.

De acuerdo con la tarifa de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), tomada del recibo de luz de la fábrica, el precio por kWh de consumo es en promedio de \$2.50 pesos al mes de enero del año 2018.

Se trabaja en tensión media, por lo que de acuerdo con PRé Consultants (2013), 1kWh consumido equivale a 0.645 kg. De CO₂-eq.

Tabla 12. CO₂-eq por uso de electricidad en equipo de climatización en fábrica 2 en un mes.

Co ₂ -eq por uso de electricidad en equipo de climatización artificial en "Fábrica 2"							
Equipo de climatización	Cantidad	Potencia (kWh)	Tiempo de uso por día (h)	Energía por día (kWh)	Consumo de energía por mes (kWh)	Co ₂ -eq (kg)	Costo \$\$
Inyectores de aire	4.00	2.98	8.00	95.49	2,291.71	1,478.15	5,729.28
Extractores de aire	6.00	1.02	8.00	48.77	1,170.43	754.93	2,926.08

Elaboración propia.

En la tabla 12, como resultado se ve que el costo es de \$8,655.36 pesos por los 3,462.14 kWh que se consumen al mes. La empresa invierte en promedio \$115,000 pesos al mes en electricidad, se puede apreciar que la climatización en área de producción conlleva aproximadamente el 7.5% del costo de la electricidad general. En términos más comunes, los 26,796.96 kg. De CO₂-eq emitidos al año, equivalen a:

Tabla 13. Factor de equivalencia de CO₂

27 toneladas de CO ₂ equivale a:	
las emisiones anuales de CO ₂ que producirían:	4 autos compactos recorriendo una distancia promedio anual de: 30,000 km

Fuente: (INECC, 2016).

Caso 3.

En el caso de la fábrica 3, en el **área 1** (rastros), se cuenta con un sistema de inyección y extracción de aire, en donde el inyector tiene una potencia de 2.98 kWh y el extractor 1.02 kWh, el cual es utilizado durante toda la jornada laboral de 9 horas.

De acuerdo con la tarifa de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), tomada del recibo de luz de la fábrica, el precio por kWh de consumo es en promedio de \$2.50 pesos al mes de enero del año 2018.

Se trabaja en tensión media, por lo que de acuerdo con PRé Consultants (2013), 1kWh consumido equivale a 0.645 kg. De CO₂-eq.

Tabla 14. CO₂-eq por uso de electricidad en equipo de climatización en fábrica 3, área 1 en un mes.

Co ₂ -eq por uso de electricidad en equipo de climatización artificial en "Fábrica 3" Área de rastros							
Equipo de climatización	Cantidad	Potencia (kWh)	Tiempo de uso por día (h)	Energía por día (kWh)	Consumo de energía por mes (kWh)	Co ₂ -eq (kg)	Costo \$\$
Inyector de aire	1.00	2.98	9.00	26.86	644.54	415.73	1,611.36
Extractor de aire	1.00	1.02	9.00	9.14	219.46	141.55	548.64

Elaboración propia.

En la tabla 14, como resultado se ve que el costo es de \$2,160 pesos por los 864 kWh que se consumen al mes. En este caso no se cuenta con información del gasto total por electricidad de la empresa.

En términos más comunes, los 26,796.96 kg. De CO₂-eq emitidos al año, equivalen a:

Tabla 15. Factor de equivalencia de CO₂

7 toneladas de CO ₂ equivale a:	
las emisiones anuales de CO ₂ que producirían:	1 autos compactos recorriendo una distancia promedio anual de: 30,000 km

Fuente: (INECC, 2016).

En el caso de la fábrica 3, en el **área 2** (corte y despiece), se cuenta con un sistema de 5 difusores enfriadores en techo, cada uno con una potencia de 4 kWh, los cuales son utilizados durante toda la jornada laboral de 9 horas.

De acuerdo con la tarifa de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), tomada del recibo de luz de la fábrica, el precio por kWh de consumo es en promedio de \$2.50 pesos al mes de enero del año 2018.

Se trabaja en tensión media, por lo que de acuerdo con PRé Consultants (2013), 1kWh consumido equivale a 0.645 kg. De CO₂-eq.

Tabla 16. CO₂-eq por uso de electricidad en equipo de climatización en fábrica 3, área 2 en un mes.

Co ₂ -eq por uso de electricidad en equipo de climatización artificial en "Fábrica 3" Área de corte							
Equipo de climatización	Cantidad	Potencia (kWh)	Tiempo de uso por día (h)	Energía por día (kWh)	Consumo de energía por mes (kWh)	Co ₂ -eq (kg)	Costo \$\$
Enfriadores difusores de techo	5.00	4.00	9.00	180.00	4,320.00	2,786.40	10,800.00

Elaboración propia.

En la tabla 16, como resultado se ve que el costo es de \$10,800 pesos por los 4,320 kWh que se consumen al mes. La empresa invierte en promedio \$152,000 pesos al mes en enfriamiento, se puede apreciar que la climatización en área de corte y despiece conlleva aproximadamente el 7.1% del costo del enfriamiento de la empresa. En este caso no se cuenta con información sobre el consumo general de electricidad.

En términos más comunes, los 33,436.8 kg. De CO₂-eq emitidos al año, equivalen a:

Tabla 17. Factor de equivalencia de CO₂

33 toneladas de CO ₂ equivale a:	
las emisiones anuales de CO ₂ que producirían:	5 autos compactos recorriendo una distancia promedio anual de: 30,000 km

Fuente: (INECC, 2016).

4.1.5 Entrevista semiestructurada

Con la aplicación de entrevistas semi estructuradas un arquitecto y un director de una de las industrias analizadas, se han delimitado los puntos más importantes y concluyentes a considerar en proyectos de esta índole dichos por los entrevistados.

En cuanto a sistemas constructivos:

- Poner especial cuidado a el tipo de construcción de este tipo de establecimientos, en la elección de los materiales constructivos, ya que esto es altamente vigilado debido a los requerimientos de higiene e inocuidad en la producción de alimentos.
- Ha habido un importante desarrollo de las industrias en los últimos 20 años, con la oferta de nuevos materiales y sistemas de ejecución, los cuales permiten que el constructor tenga procesos más eficientes.
- Se requiere elegir materiales con mayor vida útil y bajo mantenimiento, con el objetivo de ampliar el tiempo de reemplazo de componentes y reducir el costo del mantenimiento.

En cuanto a la salud ocupacional en la industria:

- Se deben plantear y planear proyectos integrales, considerando el trabajo interdisciplinar entre especialistas en los distintos flujos del proceso industrial, considerando las necesidades de salud y espaciales de los trabajadores.
- Se debe considerar el confort térmico dentro de las instalaciones pensando en el aprovechamiento eficiente de los recursos energéticos para la climatización de estos espacios.

En cuanto al futuro de la edificación de industrias:

- Estas deben ser unidades comprometidas con la sustentabilidad de la región geográfica en la que se ubiquen, fortaleciendo económicamente la producción de bienes y servicios, el uso de fuentes de energía renovables y con bajas emisiones contaminantes y aportar al desarrollo humano de la sociedad.
- Debe haber una planeación de acuerdo con el tipo de industria, sistemas constructivos con menor impacto ambiental, materiales constructivos con mayor ciclo de vida y que se puedan reciclar o reutilizar.
- Así como el utilizar materiales certificados en donde se exhiba que han sido fabricados bajo estándares que disminuyan su impacto ambiental y social, mostrando su ciclo de vida y las posibilidades de ser reciclables.
- Se necesita que exista un equilibrio entre áreas construidas con áreas de amortiguamiento ecológico (áreas verdes), concentrando estas edificaciones en zonas poco aptas para la agricultura y de menor impacto para zonas pobladas.

4.2 Hallazgos aprovechables de la aplicación de técnicas e instrumentos de investigación

4.2.1 Características del sistema constructivo para industrias de producción de alimentos

- A través de la observación directa de las tres industrias, se encontraron coincidencias en el uso de materiales en su envolvente, siendo: lámina de zinc, policarbonato, colchoneta aislante de lana mineral y panel tipo sándwich con alma de poliuretano; mientras que para muro los materiales utilizados son: block de concreto, lámina de zinc y panel tipo sándwich con alma de poliuretano.
- Los materiales en la envolvente industrial deben ser ligeros, debido a que las naves industriales requieren de espacios amplios sin muchos elementos en el interior como lo son columnas estructurales, de manera que, al utilizar materiales no pesados, la estructura no requiere tener mucha carga.
- Los materiales deben ser no flamables, esto porque los procesos productivos pueden involucrar fuego.
- Los materiales deben ser de fácil mantenimiento, ya que, al haber producción de alimentos, se necesita lavar diariamente las instalaciones y tener un alto grado de higiene e inocuidad.

4.2.2 Ventilación y climatización

- El tipo de ventilación que se observó en estas industrias son: aire lavado, inyección y extracción de aire y enfriamiento por difusores, lo que da un panorama de los sistemas de climatización artificial más utilizados en la industria.
- La ventilación no puede ser natural debido a la normativa para la producción de alimentos en términos de higiene no se puede abrir de ninguna manera la edificación por riesgos de contaminación.

4.2.3 Análisis de déficit de confort térmico

- Por medio del análisis de la normativa se determinaron los rangos óptimos de confort térmico, los cuales son: para temperatura de entre 16 °C y 19 °C y para humedad relativa entre 40% y 50%.
- Los parámetros de confort térmico varían, además de, por las condiciones ambientales, por condiciones individuales en los ocupantes del espacio como el tipo de vestimenta y la actividad que realicen.
- Existen otras fuentes de calor como la maquinaria, cazos o calderas utilizados en la producción, así como la iluminación artificial.
- El comportamiento térmico más acercado al confort fue en la fábrica 3 en el área 1 de rastro, con temperaturas entre los 17.2 °C y 25.8 °C, en donde la envolvente está compuesta por muros de block, losa de concreto aligerada y ventilación por inyección y extracción.
- Las personas trabajan en ambientes de hasta 34.4 °C, lo que significan 15.5 °C por encima de los parámetros de confort de acuerdo con la normativa.
- En general en las tres fábricas no se cumplen con los estándares de temperatura y humedad relativa para alcanzar el confort térmico.

4.3 Diseño aplicativo de la solución

En este apartado se presenta el desarrollo del diseño de la guía de componentes para la envolvente de edificaciones de edificaciones industriales alimentarias en Jalisco para la eficiencia energética y salud ocupacional. Comprendida por una calculadora de transferencia de calor a través de un muro o cubierta y una guía de estrategias de selección de los componentes.

4.3.1 Diseño de Calculadora de transferencia de calor a través de un muro o cubierta

Se ha integrado la ejecución de una evaluación térmica a través de un instrumento que permite calcular las temperaturas de acuerdo con el tipo de material en la envolvente. Dicho modelo matemático se ha trabajado en conjunto el Proyecto de Aplicación Profesional (PAP) Materioteca y Sustentabilidad del ITESO, el cual llamaremos calculadora de transferencia de calor.

La calculadora tiene como características principales, que considera las condiciones geográficas, climatológicas, temperaturas exteriores, temperaturas interiores y convección del aire en el interior.

En la que se ingresan los datos de los monitoreos de temperatura previamente realizados, en este caso en las tres naves industriales, así como la orientación del muro o cubierta a analizar, materiales que los conforman y se especifica si se encuentran totalmente expuestos al sol o aislados por otra edificación.

Para posteriormente obtener datos cuantitativos sobre la resistencia que tienen los mismos para transferir el calor del punto más caluroso al más frío, así como un estimado de la temperatura del muro o cubierta en la cara interior que llamaremos temperatura interior calculada. Para poder llevar a cabo una comparación con las temperaturas reales monitoreadas del ambiente.

Existen ciertos factores que influyen en la temperatura interior real, como el calor que generan las personas que laboran ahí de acuerdo con su actividad metabólica, la maquinaria utilizada en la producción de los alimentos, la iluminación y equipo de ventilación artificial o enfriamiento. Lo cual genera una diferencia con la temperatura interior calculada, la cual no toma en cuenta los factores antes mencionados.

En dicha calculadora, se puede cambiar de material y ver lo que podría suceder en cuestiones térmicas sólo por el hecho de cambiar algún componente de la envolvente de estas edificaciones, de manera que se simulan las circunstancias posibles.

Este modelo está basado en un estado no estacionario, es decir, que fue considerado que la transferencia de calor de afuera hacia adentro no es uniforme, ni en la misma cantidad durante el periodo de tiempo monitoreado.

Se utilizó la base de datos de la Guía CIBSE-A, Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE, 2007), para obtener las constantes físicas de los materiales.

Para el cálculo de irradiancia solar estimada, se basó en el modelo de ASHRAE 55 (ASHRAE, 2013), en donde el modelo predice la radiación solar con base en las condiciones geográficas del lugar, día del año y la superficie de incidencia.

El balance de calor se ha realizado por medio de la ecuación de calor en estado dinámico, considerando la masa térmica, así como con un segundo cálculo en estado estacionario. En donde la transferencia de calor de afuera hacia adentro es uniforme, en la misma cantidad durante el periodo de tiempo monitoreado, considerando un coeficiente global de transferencia de calor con base en la teoría (Çengel & Ghajar, 2011).

Se utilizó la Ley de Fourier de la conducción del calor en (Domingo, 2011):

$$Q_{\text{cond}} = -kA \frac{dT}{Dx}$$

En donde:

Q_{cond} : es el calor transferido en el intervalo de tiempo por conducción

K : es la conductividad térmica del material, medida en Se mide en kelvin metros por vatio (K·m/W)

dT : es la diferencia entre la temperatura de la cara interior y la exterior medida en °C

Dx : es el espesor del muro o cubierta, medida en metros (m)

A : el área del muro o cubierta, medida en metros (m)

Para la convección se utilizó la ley de enfriamiento de Newton (Çengel & Ghajar, 2011), en donde:

$$Q_{\text{conv}} = hA_s (T_s - T_{\infty})$$

En donde:

Q_{conv} : es el calor transferido en el intervalo de tiempo por convección medido en Watts (W)

h : es el coeficiente de transferencia de calor por convección, en $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ o $\text{Btu/h} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$

A_s : es el área superficial a través de la cual tiene lugar la transferencia de calor por convección

T_s : es la temperatura de la superficie y,

T_{∞} : es la temperatura del fluido suficientemente alejado de esta superficie

Mientras que para calcular la radiación se trabajó con la Ley de Stefan-Boltzmann (Muñoz, Creus, Sanjuan, Rabal, & J. Gallego, 2013):

$$Q_{\text{emitida, máx}} = \sigma A_s T_s^4$$

En donde:

$Q_{\text{emitida, máx}}$: es la razón máxima de la radiación que se puede emitir desde una superficie a una temperatura termodinámica T_s

$\sigma = 5.673 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$, o bien, $0.1714 \times 10^{-8} \text{ Btu/h} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{R}^4$ es la *constante de Stefan-Boltzmann*, Expresado en Watts (W).

A continuación, se presenta la metodología para utilizar dicha calculadora:

Metodología para el uso de la calculadora de transferencia de calor con pasos de llenado

FORMULARIO DE DATOS DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS	
GUARDAR	DATOS
Código:	A0003
Nombre de la empresa:	
Domicilio:	
Estado:	
Municipio:	
Nombre de contacto:	
Correo electrónico:	
Tipo de alimentos que se producen en la empresa:	
Área de análisis:	
Cantidad de personas que trabajan en el área:	
Horario laboral:	
Equipo de ventilación artificial o enfriamiento:	
Horario de encendido de ventilación artificial o enfriamiento:	

Paso 1: llenar en el formulario los espacios en blanco con los datos de la empresa a analizar para generar el registro

La información requerida para este formulario son los datos de cada industria, tales como el nombre de esta, domicilio, municipio y estado en donde se ubica.

Es importante tener los datos de la persona con la que se estará en contacto, ya que a lo largo del desarrollo del análisis se requiere información específica.

Se puede delimitar o no un área específica de análisis en función de los resultados que se requieran, como puede ser elegir el área en donde más trabajadores hay, por lo que la transferencia de calor puede afectar su salud ocupacional.

Es importante conocer el equipo de climatización artificial, ya que esto modifica el ambiente térmico interior.

Ilustración 76. Formulario de datos de industrias alimentarias.
Elaboración propia.

El registro se genera automáticamente al hacer el llenado del formulario en el paso 1 y presionar en el botón de guardar.

Tabla 18. Registro de industrias alimentarias.

REGISTRO												
Código	Nombre de la empresa	Domicilio	Estado	Municipio	Nombre de contacto	Correo electrónico	Tipo de alimentos que se producen en la empresa	Área de análisis	Cantidad de personas que trabajan en el área	Horario laboral	Equipo de ventilación artificial o enfriamiento	Horario de encendido de ventilación artificial o enfriamiento
A0003												
A0002												
A0001												

Elaboración propia.

Tabla 19. Registro de monitoreo de temperatura.

DATOS DE TEMPERATURA EXTERIOR DE LA REGIÓN - Temperaturas por hora y velocidad del viento			
Hora (h)	T (°C)		Vv (m/s)
	21-jun	21-jun	
1	21.748		2.3
2	21.27		1.8
3	20.817		1.5
4	20.46		2.1
5	19.77		3.0
6	19.532		2.6
7	18.675		2.3
8	19.008		2.0
9	19.674		2.7
10	21.151		3.0
11	22.417		3.1
12	23.93		3.4
13	25.234		3.5
14	26.72		3.4
15	28.717		3.2
16	30.167		3.4
17	30.268		2.8
18	27.382		3.6
19	25.623		3.4
20	24.557		3.8
21	23.881		3.8
22	23.304		3.8
23	22.489		2.7
24	22.489		3.0

Simbología:
(h): horario de temperatura exterior medida
T (°C): temperatura exterior medida por hora
Vv (m/s): Velocidad del aire

Paso 2: llenar con datos de temperatura exterior monitoreada durante 24 horas en la columna de T (°C).

Paso 3: poner fecha de monitoreo de temperatura exterior en: Fecha (d/m) marcada en el recuadro rojo, los otros datos los arroja la calculadora

Tabla 20. Radiación solar.

GEOGRAFÍA ASHRAE ashrae-meteo.info 2017		CONSTANTES ASHRAE CLEAR SKY SOLAR MODEL 2009	
Lugar	GDL, MX	LSM (°)	-90
L (N°) - φ	20.522	N	318
ZH	-6	Γ (rad)	5.46
HV (0,1)	0	ET (min)	15.3271
LON (°E)	-103.311	δ	-18.91
Fecha (d/m)	14-nov	E _{sc} (W/m2)	1321.0
τ _b	0.313	E ₀ - (W/m2)	1353.7
τ _d	2.547	Exp ab	0.658
		Exp ad	0.166

Simbología:
L (N°) – φ: medida en grados de latitud norte
ZH: zona horaria
HV (0,1): horario de verano
LON (°E): longitud este
τ_b: constante de profundidad óptica
τ_d: constante de profundidad óptica

Elaboración propia en colaboración con Materioteca ITESO

Tabla 21. Arquitectura de muro o cubierta.

Especificaciones	Arquitectura del muro	
	Los valores en color blanco se calculan de forma automática	
Alto (m)		8.00
Frente (m)		50.00
Inclinación sup. (°)		90.00
Exposición (1,0)		1
Azimuth (°) (orient.)		15.000
Área pared (m2)		400.000
Espesor de pared (m)		0.132
Estructura		Ladrillo común
Recubrimiento IP		Enjarre
Recubrimiento IS		Pintura clara acrílica
Recubrimiento IT		S/R
Recubrimiento EP		Enjarre
Recubrimiento ES		Pintura clara acrílica
Recubrimiento ET		S/R
R_p (m2-K/W)		0.191
Cp_p (kJ/kg-K)		0.850
m_p (kg)		98760.000

Paso 4: poner dimensiones de muro o cubierta a analizar

Paso 5: poner exposición 1 si el muro o cubierta está totalmente expuesto a la radiación del sol y 0 si hay algún otro cuerpo cubriéndolo

Paso 6: poner orientación en grados hacia el sur del muro o cubierta

Paso 7: seleccionar los materiales de las listas

Elaboración propia en colaboración con Materioteca ITESO.

Simbología:

R_p (m2-K/W): resistencia térmica del muro o cubierta
 Cp_p (kJ/kg-K): capacidad calorífica del muro o cubierta
 m_p (kg): masa del muro o cubierta en kg.

La calculadora arroja los datos de resistencia, capacidad calorífica y masa del muro o cubierta.

Tabla 22. Estimaciones de temperatura de pared o cubierta interior

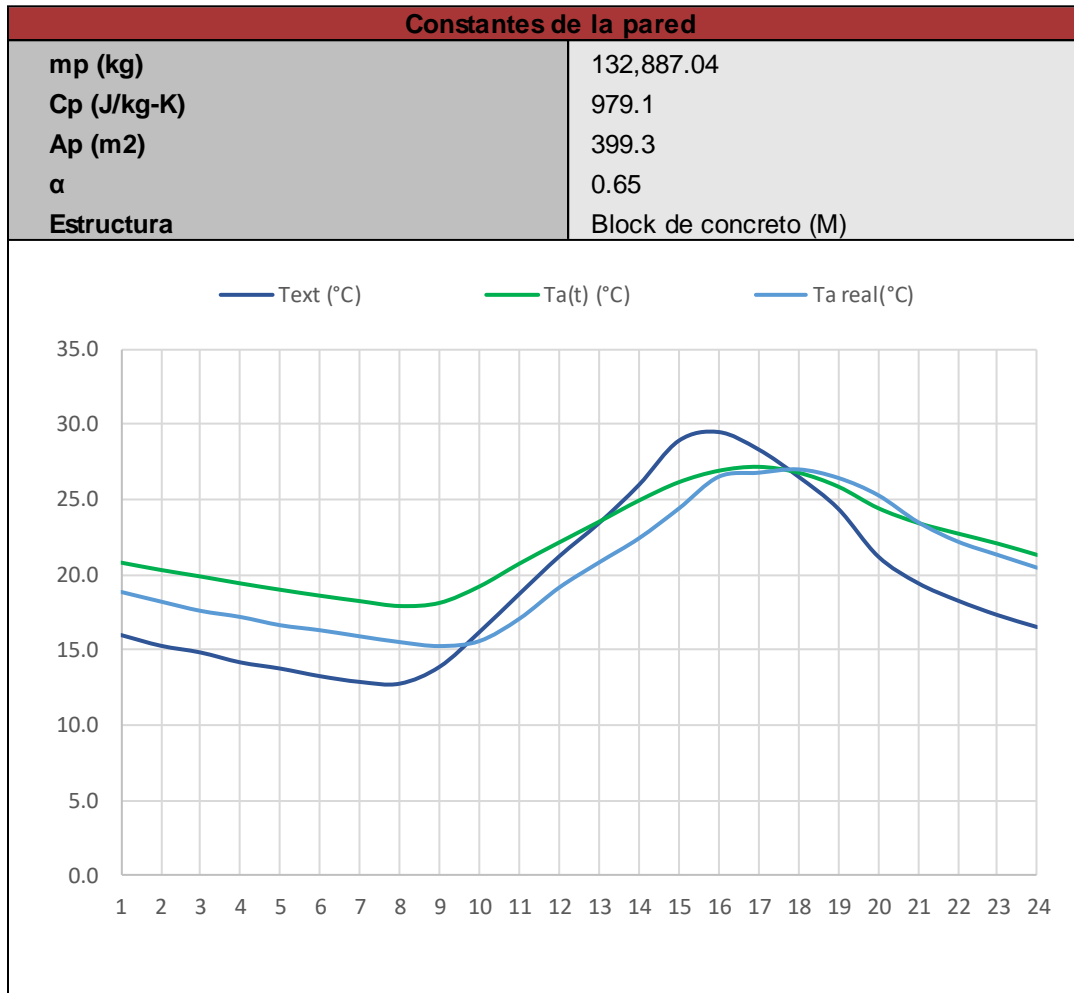
Hora	Text (°C)	Ta(t) (°C)	Ta real(°C)	%error	ΔT (°C)
1.0	16.0	20.752	18.8	10%	-1.9
2.0	15.2	20.261	18.2	11%	-2.1
3.0	14.8	19.825	17.582	13%	-2.2
4.0	14.1	19.364	17.177	13%	-2.2
5.0	13.7	18.94	16.63	14%	-2.3
6.0	13.2	18.543	16.296	14%	-2.2
7.0	12.8	18.182	15.891	14%	-2.3
8.0	12.7	17.856	15.509	15%	-2.3
9.0	13.8	18.067	15.247	18%	-2.8
10.0	16.2	19.164	15.581	23%	-3.6
11.0	18.7	20.68	17.058	21%	-3.6
12.0	21.2	22.096	19.127	16%	-3.0
13.0	23.4	23.473	20.793	13%	-2.7
14.0	26.0	24.884	22.393	11%	-2.5
15.0	28.9	26.104	24.363	7%	-1.7
16.0	29.5	26.867	26.475	1%	-0.4
17.0	28.3	27.13	26.744	1%	-0.4
18.0	26.5	26.744	26.965	1%	0.2
19.0	24.4	25.816	26.402	2%	0.6
20.0	21.2	24.382	25.258	3%	0.9
21.0	19.4	23.397	23.472	0%	0.1
22.0	18.3	22.689	22.178	2%	-0.5
23.0	17.3	22.018	21.294	3%	-0.7
24.0	16.5	21.254	20.436	4%	-0.8

Paso 8: llenar datos en columna Ta real (°C) con monitoreo de temperatura por 24 horas.

Todos los demás datos del balance los calcula el modelo matemático programado.

- En la columna de Text (°C), se despliegan las temperaturas monitoreadas en el exterior durante 24 horas.
- En la columna Ta (t) (°C), se muestra la temperatura interior calculada por hora.
- En la columna % de error se muestra el porcentaje de error en la temperatura interior calculada respecto a la real.
- En la columna ΔT (°C), se muestra la diferencia entre la temperatura calculada y la real.

Elaboración propia en colaboración con Materioteca ITESO.



La calculadora arrojará datos de la masa del muro o cubierta, la capacidad calorífica del mismo, así como una gráfica con las temperaturas calculadas y las reales, en donde se puede ver el comportamiento del elemento que se analiza. Se pueden cambiar materiales para buscar la composición más eficaz para el aislamiento térmico.

Ilustración 77. Balance de temperatura y constantes de pared o cubierta.
Elaboración propia en colaboración con Materioteca ITESO.

Simbología:

m_p (kg): masa del muro o cubierta en kg.
 C_p (kJ/kg-K): capacidad calorífica del muro o cubierta
 A_p (m²): área de muro o cubierta en metros cuadrados.
 α : absorptividad térmica del muro o cubierta.
 Estructura: material principal de muro o cubierta.

Resultados del análisis en la calculadora de las tres industrias alimentarias

Se han ingresado los datos de las tres naves industriales en la calculadora de transferencia de calor, a continuación, se muestran los resultados de dichos análisis.

Fábrica 1.

En el caso de la fábrica 1, se analiza el muro y la cubierta con orientación sureste con una inclinación hacia el sur de 52° .

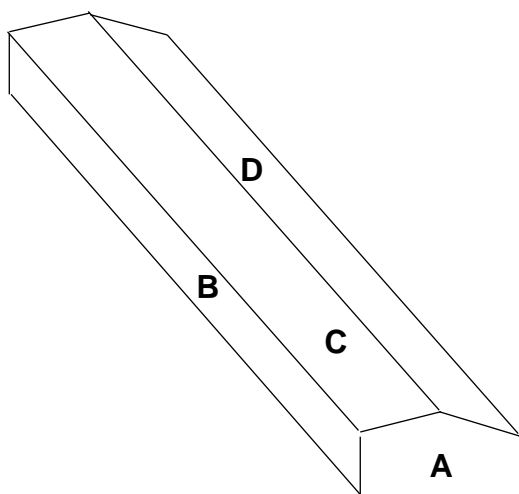


Ilustración 78. Muros y cubiertas de fábrica 1. Elaboración propia.

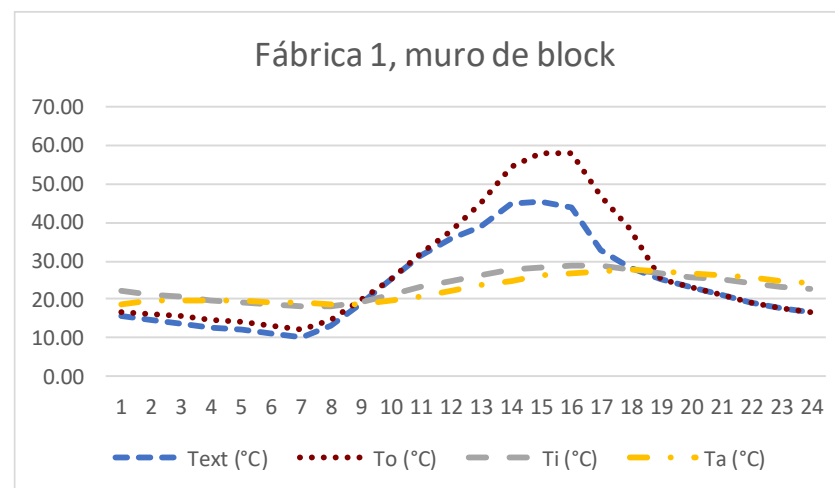


Ilustración 79. Temperaturas calculadas cara B, muro de block. En fábrica 1. Elaboración propia.

En este caso, se analizó la cara B, siendo un muro con dos composiciones en vertical, la mitad del muro es de estructura de block de concreto, mientras que la mitad de arriba es de lámina de zinc.

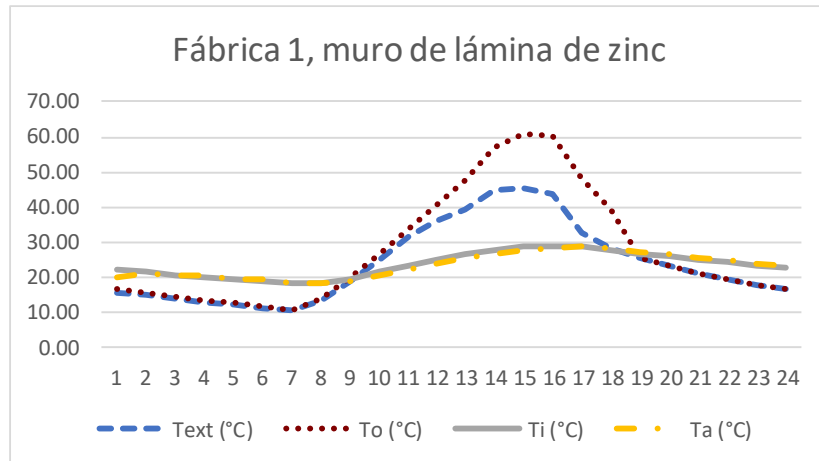


Ilustración 80. Temperaturas calculadas cara B. Muro de lámina de zinc en fábrica 1. Elaboración propia.

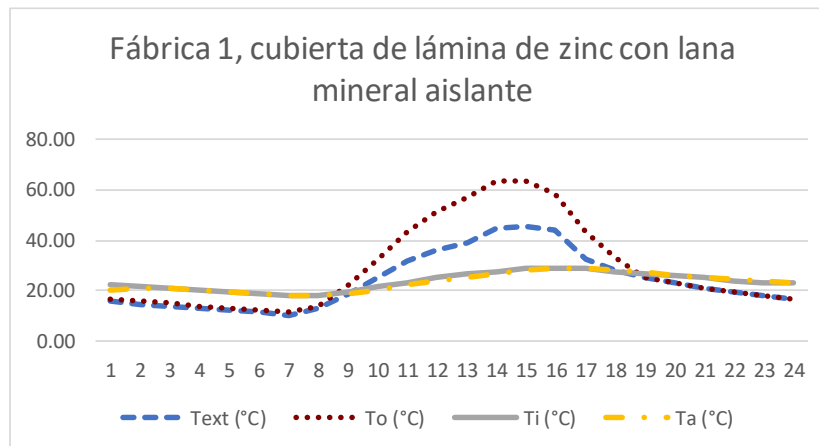


Ilustración 81. Temperaturas calculadas cara C. de lámina de zinc con colchoneta aislante de lana mineral en fábrica 1. Elaboración propia.

En la ilustración 79, se puede observar que en el muro con estructura de block de concreto la temperatura interior calculada máxima es de 27.48 °C, mientras que, en la parte de muro de estructura de lámina de zinc en la ilustración 80, la temperatura interior calculada máxima es de 27.54 °C (ver ilustración 80).

Por otro lado, la temperatura interior calculada por la cubierta de estructura de lámina de zinc con lana mineral aislante es de 28.47 °C (ver ilustración 81).

Con esto se puede observar que en la cubierta se tiene más ganancia térmica, aun cuando se cuenta con una colchoneta aislante, debido a que tiene más radiación solar.

Mientras que, en el muro, se puede ver que los dos materiales tienen casi el mismo comportamiento térmico.

Simulación en fábrica 1.

Se llevó a cabo una simulación en el muro de la fábrica 1, utilizando como material principal el panel sándwich de poliuretano, ya que es el material que ha mostrado la mayor resistencia a la transferencia de calor.

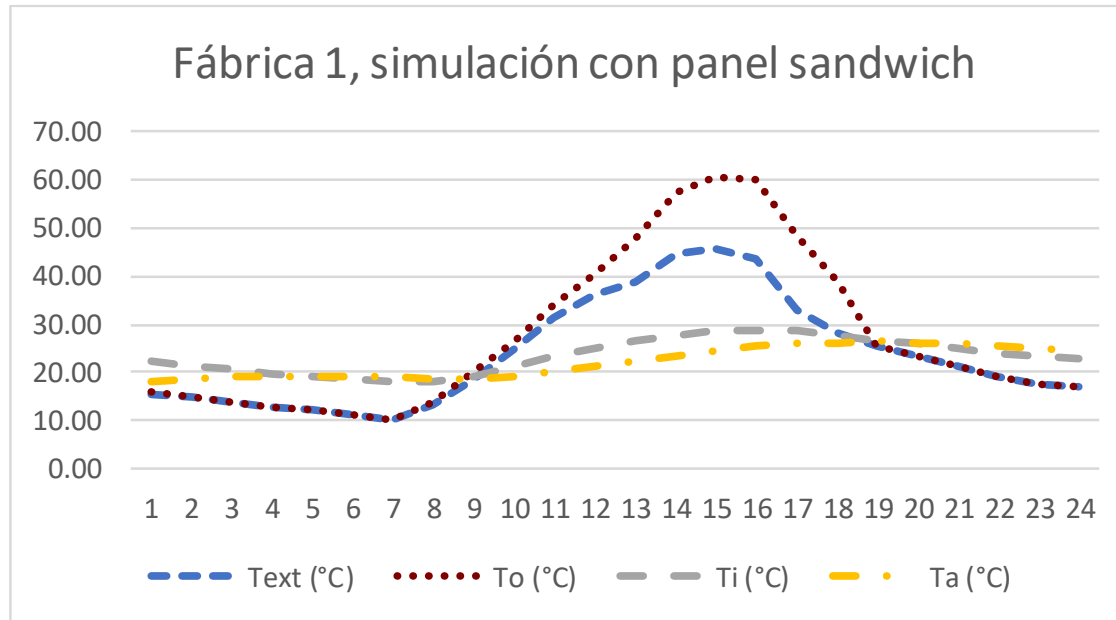


Ilustración 82. Simulación con panel tipo sándwich en fábrica 1. Elaboración propia.

Con el cambio de este material, se puede observar que la temperatura máxima es de 26.4 °C por lo que estaría disminuyendo 1.1 °C la temperatura interior respecto al muro que tiene como principal material block de concreto.

Fábrica 2.

En el caso de la fábrica 2, se analizaron tanto el muro de la cara A, como la cubierta en la cara B, con orientación Oeste-Norte, con 81° hacia el sur.

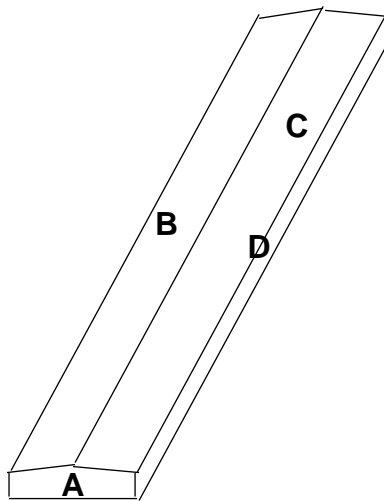


Ilustración 83. Muros y cubiertas de fábrica 2.
Elaboración propia

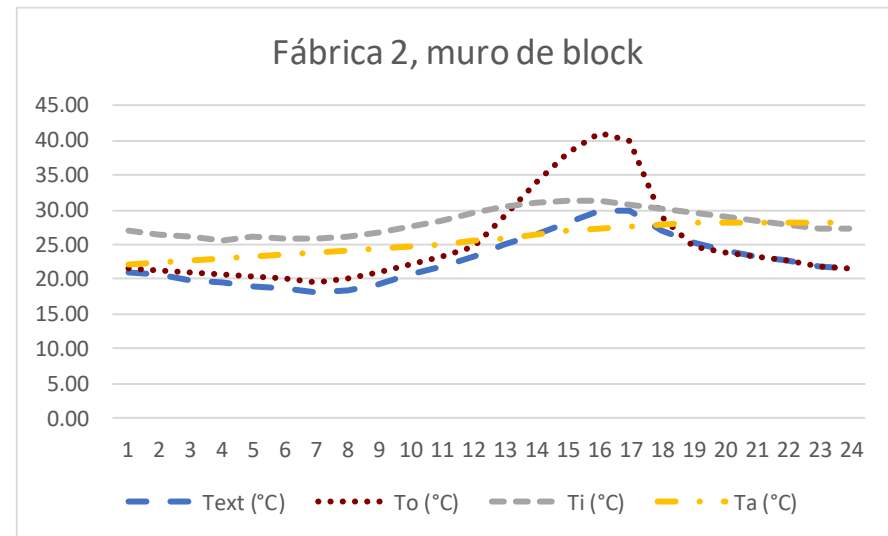


Ilustración 84. Temperaturas calculadas cara A, muro de block. En fábrica 2. Elaboración propia.

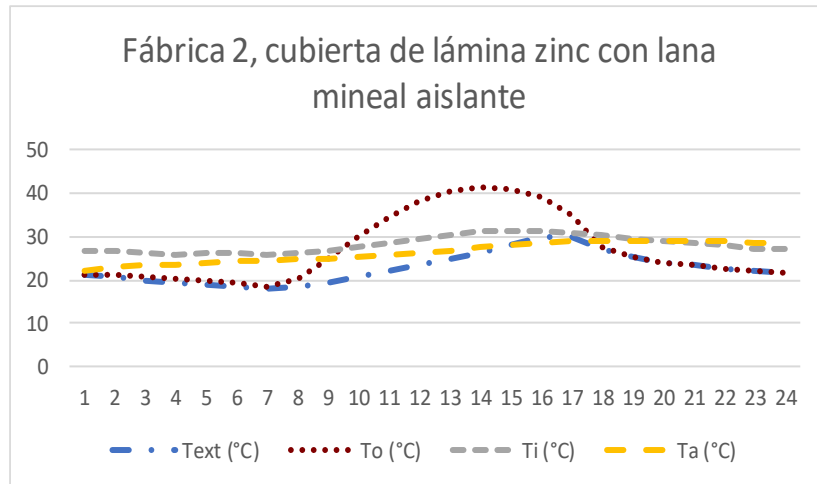


Ilustración 85. Temperaturas calculadas cara B, Cubierta de lámina zinc con lana mineral aislante En fábrica 2. Elaboración propia.

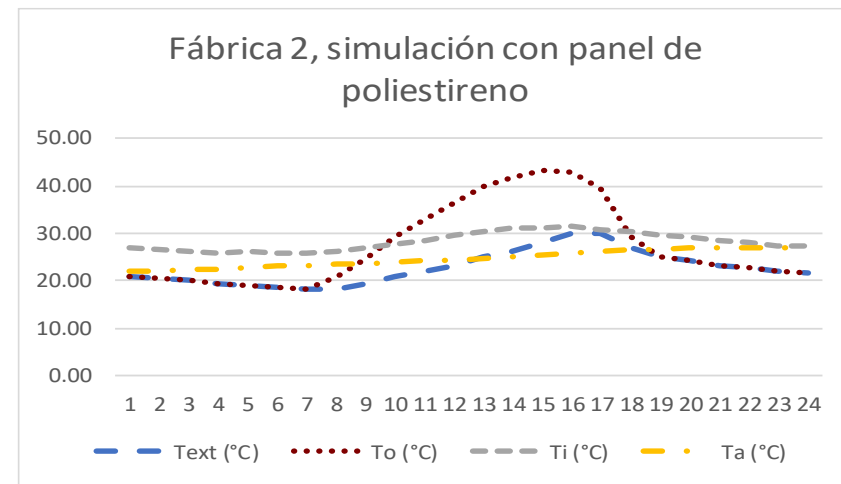


Ilustración 86. Temperaturas calculadas cara A, muro simulado con panel de poliuretano, en fábrica 2. Elaboración propia.

En la ilustración 84, se puede observar que el muro construido con block de concreto tiene una temperatura interior calculada máxima de 28.26 °C, mientras que en la ilustración 85, en donde la cubierta tiene como material principal lámina zinc y cubierta de lana mineral aislante, la temperatura interior máxima es de 29 °C, al igual que en la fábrica 1, aun teniendo un aislante en la cubierta, la temperatura es más alta, esto se sugiere que puede deberse a la radiación solar.

Mientras que se realizó una simulación del muro (ver ilustración 86), con panel tipo sándwich de poliuretano como material principal y el resultado fue que la temperatura calculada interior máxima es de 27 °C, por lo que se puede ver que la temperatura disminuye 1.26 °C respecto al muro hecho con block de concreto observado anteriormente.

Fábrica 3.

En el caso de la fábrica 3, se analizaron tanto el muro de la cara A, como la cubierta, la cual no se observa en la figura 86 debido a que la vista es de frente en el sur, dado que el muro analizado tiene una orientación hacia el sur, a 1°

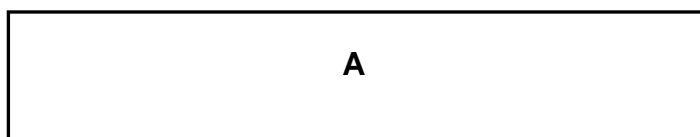


Ilustración 87. Muro sur fábrica 3. Elaboración propia.

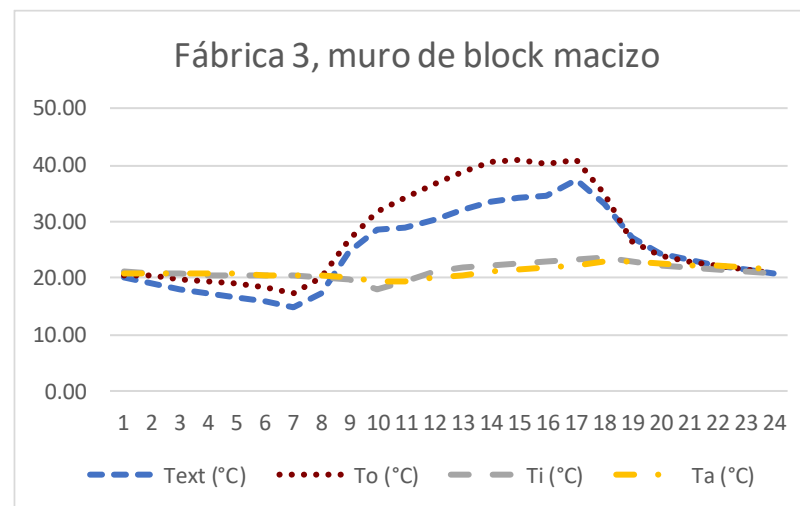


Ilustración 88. Temperaturas calculadas cara A, muro de block. En fábrica 3. Elaboración propia.

En la ilustración 88, se puede ver que la temperatura calculada interior máxima del muro construido principalmente con block macizo es de 22.8°C .

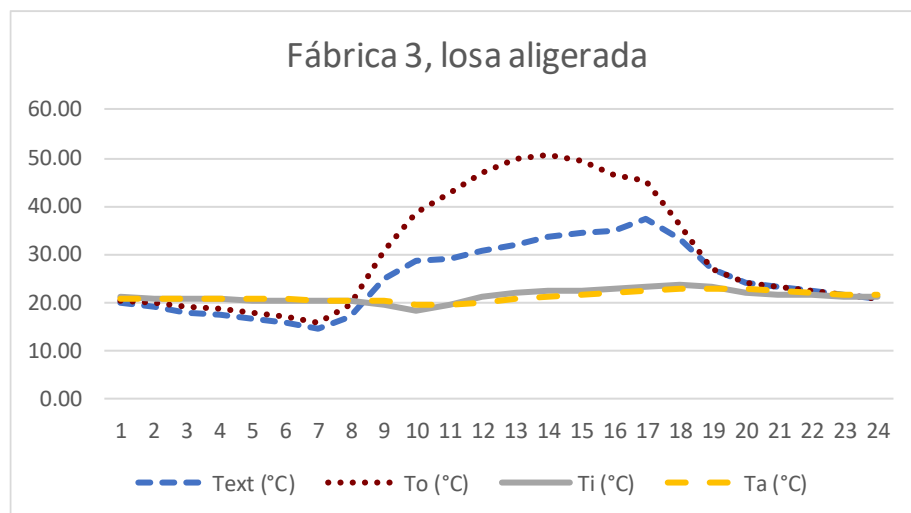


Ilustración 89. Temperaturas calculadas en losa aligerada En fábrica 3. Elaboración propia.

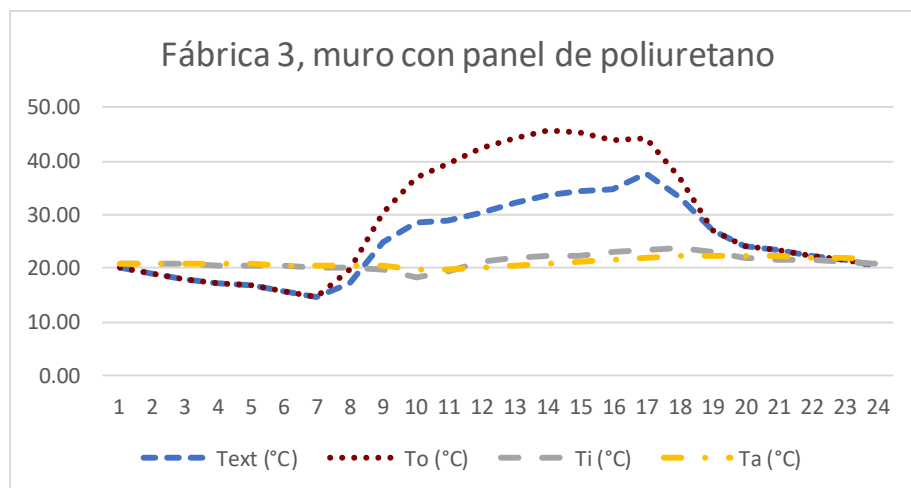


Ilustración 90. Simulación de muro A, en fábrica 3, con panel sándwich de poliuretano. Elaboración propia.

En la ilustración 89, se puede observar que la temperatura interior calculada máxima por la transferencia de calor desde la cubierta, la cual es un sistema constructivo de losa aligerada con block hueco y concreto, es de 23°.

Por lo que se puede sugerir que mantiene una concordancia con la temperatura calculada por transferencia de calor en el muro.

Por otro lado, al realizar una simulación del muro con panel tipo sándwich de poliuretano, se puede ver que la temperatura interior calculada máxima es de 22.5 °C, por lo que solamente se registra una disminución de temperatura de 0.3 °C. A diferencia del muro con block, lo cual sugiere que los dos materiales tienen un buen comportamiento térmico con esas condiciones climatológicas.

4.3.3 Selección de materiales por distintas variables

Se ha elaborado una tabla con factores importantes para la selección de materiales, como los son la conductividad de estos (ver anexo 8, para factores de conductividad de otros materiales), la capacidad calorífica y las emisiones de Co₂ equivalente asociadas al ciclo de vida de los materiales. Con la intención de que los actores en la toma de decisiones en la planeación y construcción de naves industriales tengan más variables para elegir los materiales constructivos para su proyecto.

Tabla 23. Selección de materiales por variables de transferencia de calor y emisiones de Co₂- eq.

USO DEL MATERIAL	NOMBRE DEL MATERIAL	TIPO DE MATERIAL	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/m*K)	CAPACIDAD CALORÍFICA (J/kg*K)	EMISIÓN kg CO ₂ -eq (kg)	VIDA ÚTIL
MATERIALES CONSTRUCTIVOS	Acero	Metal	50.00	450.00	1.69	60 +
	Polycarbonato	Plástico	0.20	1,200.00	8.23	80 +
	Teja de plástico	Plástico	0.20	1,000.00	0.443	60 +
	Concreto celular curado en autoclave (Hebel)	Concreto	0.29	1,000.00	0.0909	80 +
	Aluminio	Metal	230.00	230.00	2.69	100 +
	Vidrio prensado	Vidrio	1.00	750.00	1.16	80 +
	Concreto	Concreto	1.65	1,000.00	228	100 +
	Block de concreto convencional	Block	1.18	1,000.00	0.0909	100 +
	Block de concreto hueco	Block	0.45	1,000.00	-	100 +
	Resina epóxica (pintura epóxica)	Plástico	0.20	1,400.00	8.73	15
	Lámina de Zinc	Metal	110.00	380.00	-	80 +
	Block de concreto aligerado (macizo)	Block	0.28	1,000.00	0.61	100 +
AISLANTES	Panel sandwich con alma de lana mineral	Aislante	0.05	-	-	50 +
	poliuretano	Aislante	0.04	-	-	50 +
	Panel sandwich con alma de polietileno extruido	Aislante	0.04	-	-	50 +
	Lana mineral aislante	Aislante	0.05	-	1.36	50 +
	Espuma rígida de poliuretano	Aislante	0.03	-	4.66	50 +

Elaboración propia con datos de: (Hernández Moreno, 2016) y (PRé Consultants, 2014)

4.3.4 Diseño de guía de selección de componentes para el envolvente de edificaciones industriales

Conforme a los resultados obtenidos del análisis se ha diseñado y desarrollado una metodología, la cual funciona como guía para la selección de componentes de la envolvente de edificaciones con uso industrial, la cual consta del seguimiento de los siguientes pasos:

1. Ir a la industria que se va a analizar para llevar a cabo un diagnóstico de la situación actual de las instalaciones de esta. Utilizando los formatos de observación directa, haciendo un levantamiento fotográfico y realizando entrevistas a actores clave.
2. Recabar la información necesaria acerca de los materiales de la envolvente, condiciones laborales, tales como el horario, el tipo de vestimenta de los trabajadores maquinaria en el área de producción y equipos de climatización artificial.
3. Llevar a cabo un monitoreo de temperatura y humedad relativa tanto exterior como interior de la industria para conocer las condiciones de confort térmico de esta.
4. Ejecutar la información recabada en la calculadora de transferencia de calor.
5. Después de obtener los resultados en la calculadora, hacer simulaciones con distintos materiales, para conocer el que tenga mejor comportamiento térmico.
6. Realizar sugerencias para los criterios de selección o modificación de los materiales.

Dicha guía para la selección de componentes se sintetiza en la metodología que se muestra a continuación:



Ilustración 91. Metodología para la selección de componentes para la envolvente de industrias alimentarias. Elaboración propia.

4.4 Factibilidad y validación

4.4.1 Factibilidad

Encuadre de TOG en dimensiones de sustentabilidad

Después de trabajar y desarrollar el trabajo en todas sus etapas, este se ha alineado con las tres dimensiones de sustentabilidad de la siguiente manera:

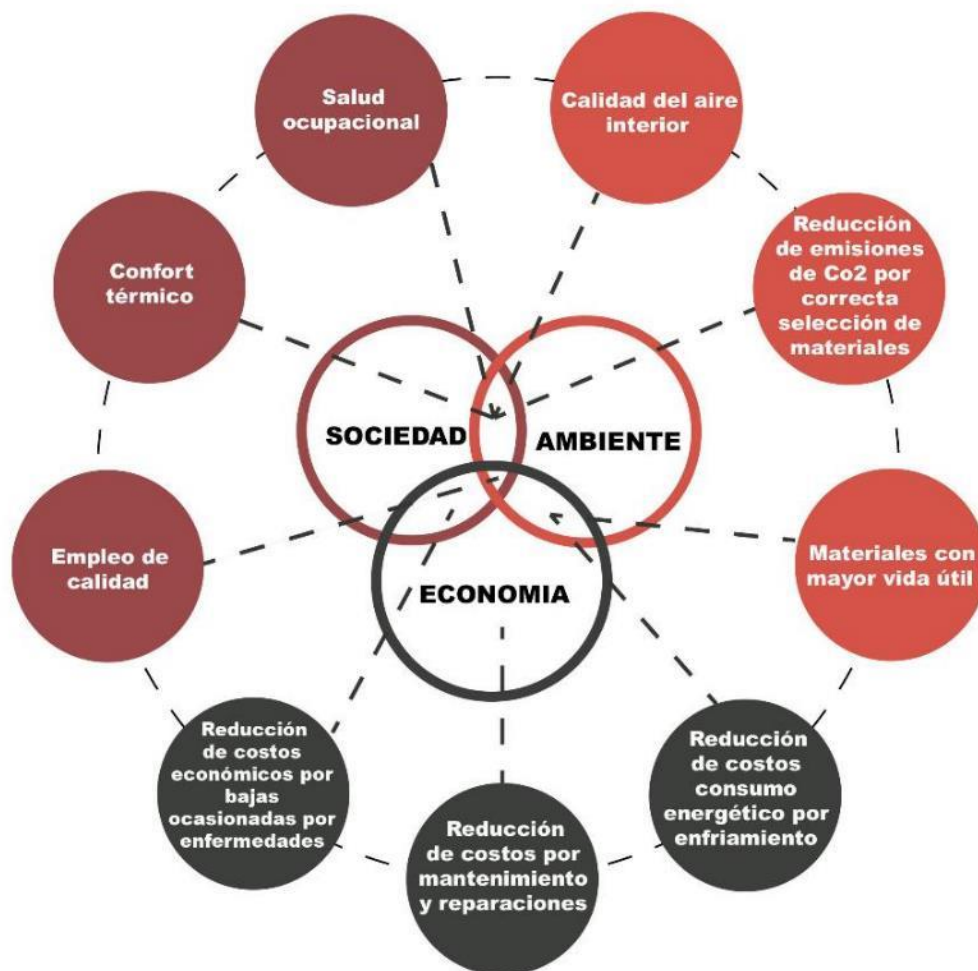


Ilustración 92. Principios de sustentabilidad de TOG. Elaboración propia.

De los 17 Objetivos de Desarrollo Sustentable de las Naciones Unidas (Naciones Unidas, 2015), el presente trabajo se alinea con 6 de la siguiente manera:



Objetivo en la agenda 2030: garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades.

Con este trabajo se suma a este objetivo con la búsqueda de mejores condiciones de salud ocupacional para los trabajadores de industrias alimenticias en el estado de Jalisco a través del confort térmico en las edificaciones.



Objetivo: garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.

La producción de alimentos puede elevar o disminuir significativamente la temperatura en el ambiente por los procesos, por lo que se propone una guía de selección de componentes para la envolvente que tengan un buen desempeño aislando el calor del exterior para poder hacer más eficiente el uso de la energía.



Objetivo: promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.

El empleo decente además de basarse en la remuneración justa o las prestaciones a las que se tiene acceso es de suma importancia el bienestar a través de la ergonomía térmica, con la que se buscan mejores condiciones de trabajo.



Objetivo: construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.

La industria en general tiene que ir avanzando a sistemas más eficientes, utilizando menos energía para poder reducir las emisiones, por lo que a través de un mejor desempeño ambiental se disminuye el uso de energía por equipos de

enfriamiento, además de que se busca la innovación en la construcción de industrias en donde se consideren aspectos para lograr la sustentabilidad.



Objetivo: lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.

El deterioro de la infraestructura industrial que ha quedado dentro de la ciudad no solo afecta a los trabajadores del lugar o a los empresarios, sino también a sus alrededores, por lo que se busca mejorar la infraestructura existente y generar herramientas para una mejor planeación de nuevas industrias.



Objetivo: garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.

En este objetivo se engloban los distintos objetivos que se han trabajado a lo largo de este proyecto, los cuales consisten en fomentar empleos con buenas condiciones, construir infraestructura en donde se disminuya el impacto ambiental y hacer más eficiente el uso de la energía para impulsar la producción sustentable de los alimentos en donde se contemple todo su ciclo de vida y lo que hay detrás de su elaboración.

4.4.2 Validación

El modelo matemático desarrollado en este trabajo fue validado con el monitoreo de temperatura y humedad llevado a cabo en cada una de las tres industrias analizadas.

4.4.2 Validación en términos económicos

Se llevó a cabo un análisis de la energía que se requiere para extraer la energía necesaria para disminuir la temperatura interior de la fábrica 1 a través de equipos de climatización artificial. En este caso, observamos en la ilustración 79, en donde se muestra el cálculo de temperatura interior de con un muro construido con block de concreto como material principal, la cual fue de 27.48 °C. Por lo que para llegar al rango de temperatura ideal establecido con la norma UNE-EN-ISO 7730:2006, de 19 °C, se requiere disminuir la temperatura en 8.48 °C.

Lo cual hace necesaria la utilización de **473, 020.7 BTU de energía por día**, por medio de equipos de climatización artificial como se muestra en la tabla 24. (La ficha técnica del equipo se encuentra en el anexo 11).

En donde se muestra la alimentación energética del equipo como **E (BTU)**, las horas de uso diario en la fábrica (determinadas por el horario laboral) **horas uso (h)**, la energía utilizada por día por los equipos representada como **E (kW-h/día)**, la energía requerida por los equipos durante un mes, representada como **E (kW-h/mes)**, el costo económico (**costo**) por el uso de estos equipos por mes, así como los kilogramos de CO₂ emitidos por día (**kg co₂/ día**) por este concepto.

Este uso de energía representa un costo económico de \$14,187.62 pesos al mes.

Tabla 24. Requerimientos de equipos de climatización artificial para la extracción de calor en fábrica 1 por día con muro de block.

Aire Acondicionado	
E (BTU)	473,020.7
3 equipos Soler &Palau TAT-100/H	
Alim (W)	15,403.19
Horas uso (h)	9.00
E (kW-h/día)	138.63
E (kW-h/mes)	4,158.86
Costo	14,187.62
kg CO ₂ /día	98.70

Mientras que al llevar a cabo una simulación cambiando de material principal del muro por panel tipo sándwich relleno de poliuretano, siendo este el material analizado como mejores características aislantes, se encontró que la temperatura por este solo hecho disminuía en 1.1 °C.

Por lo que se analizó la energía requerida para extraer en este caso 7.4 °C, lo cual como podemos observar en la tabla 25, disminuyó a 420,513.2 BTU por día, así como disminuyó el costo económico por mes en 1,615.78 pesos, lo que representa el 11.38% del costo original con muro de block de concreto.

Tabla 25. Requerimientos de equipos de climatización artificial para la extracción de calor en fábrica 1 por día con panel tipo sándwich.

Aire Acondicionado	
E (BTU)	420,513.2
2.5 equipos Soler &Palau TAT-100/H	
Alim (W)	13,693.36
Horas uso (h)	9.00
E (kW-h/día)	123.24
E (kW-h/mes)	3,697.21
Costo	12,571.84
kg CO2/día	87.75

Con este análisis se puede validar que la selección de componentes para la envolvente de edificaciones industriales alimentarias con criterios de eficiencia energética, además de aportar a la mejora del confort térmico y salud ocupacional, también beneficia a los empresarios disminuyendo el costo por la energía utilizada en la climatización artificial en los espacios. Tomando en cuenta que este análisis solo se llevó a cabo en una de las caras de la fábrica, se sugiere que, al llevar a cabo un análisis más detallado, considerando la edificación completa, se obtendrá una mayor disminución de temperatura con la elección de materiales con buenas características térmicas.

Capítulo 5. Conclusiones



5. Conclusiones

Al principio del desarrollo de este trabajo se buscaba responder a la necesidad de que los arquitectos o constructores pudieran contar con una herramienta de selección de materiales constructivos para la edificación de naves industriales para la industria alimentaria, la cual tuviera como base el análisis de ciclo de vida de estos y mitigar los daños medioambientales ocasionados por procesos convencionales.

Sin embargo, cuando se inició el trabajo de campo y se observaron las circunstancias de tres industrias con estas características se vio que había un problema de gran importancia: la salud ocupacional de los trabajadores basada en el confort térmico, así como la necesidad de estrategias para la climatización debido a las limitantes que se dan con las exigencias de higiene de estos establecimientos.

Dicha problemática con vertientes desde los tres ejes de la sustentabilidad: en lo ambiental, un impacto por las emisiones contaminantes por el consumo de energía para sistemas de climatización artificial, que muchas veces no son eficientes; en el ámbito social, al haber empleos con falta de calidad en el ambiente, en donde las condiciones térmicas no son aptas para que las personas trabajen y en lo económico al tener sistemas poco eficientes de climatización se pierden recursos económicos, así como las industrias pierden dinero al tener bajas por enfermedades y menor productividad en los trabajadores.

A partir de ese momento los objetivos y la búsqueda por una respuesta se transformaron para trabajar sobre una pregunta principal:

¿Cómo elegir los componentes adecuados para la envolvente de edificaciones industriales dedicadas a la producción de alimentos en Jalisco, para influir positivamente en la salud ocupacional, confort térmico y disminuir su impacto ambiental?

Por lo que primero se caracterizaron las tres industrias analizadas con todos sus componentes y factores que pudieran influir en el ambiente térmico en ellas, así como se monitorearon las condiciones de confort térmico dentro de las instalaciones de producción de alimentos.

En donde se mostraron datos que comprueban que los trabajadores en las tres industrias no están operando en condiciones óptimas de confort térmico y de acuerdo con la normativa.

También se comprobó que las envolventes de estas edificaciones no están siendo eficientes al no aislar correctamente de las condiciones del exterior.

Por estos motivos se concluye que cualquier industria que tenga la misma configuración que las analizadas en las condiciones climáticas Jalisco tendrán problemas con el comportamiento térmico de la envolvente.

Así mismo, es necesario el desarrollo de normas y herramientas específicas para la industria, ya que, en México, no las hay.

Por otro lado, no hay información sobre el estado actual de las edificaciones de industrias en general en la región, ni respecto a estrategias de sustentabilidad implementadas en proyectos con estas características. Mientras que tampoco hay otros Trabajos de Obtención de Grado en donde se haya abordado de manera profunda el tema del confort térmico y salud ocupacional en estos espacios. Es por esto, que el presente trabajo aporta tanto al estado del arte en la construcción sustentable de industrias. Así como a la Línea de Generación y Aplicación del conocimiento de referencia de Eficiencia en el uso de recursos naturales y energéticos.

Por lo que, el desarrollo de una guía de selección de componentes para la envolvente de edificaciones con uso industrial en la producción alimentaria en Jalisco abre las puertas a nuevas investigaciones y propuestas en el área.

Se ha desarrollado dentro de la guía de selección de componentes un modelo matemático para calcular la transferencia de calor de un muro o cubierta hacia el interior de la edificación. En donde con los resultados arrojados de los análisis llevados a cabo con la herramienta, se concluye que, al cambiar los materiales que componen la envolvente se puede disminuir la temperatura interior. Por lo que se impacta de manera positiva al confort térmico y salud ocupacional en estos espacios, así como al ahorro económico para los empresarios.

Además de comprobar que, aunque industrias con producción alimentaria, en donde no se puede tener ventilación natural por cuestiones de higiene e inocuidad, se pueden mejorar las condiciones ambientales interiores a través del correcto diseño, planeación y mantenimiento de la edificación.

Por último, existe la posibilidad de mejorar las edificaciones para la industria desde una perspectiva de sustentabilidad haciendo un análisis detallado de las circunstancias específicas de cada una para buscar las mejores estrategias en la composición de la envolvente sin la necesidad de construir una nueva planta.

5.1 Recomendaciones

El confort térmico y la eficiencia energética en las industrias es un campo poco explorado, por lo que, a partir de este trabajo pueden surgir distintas líneas de investigación y proyectos, de los cuales se hará mención a continuación, basándose en lo visto e investigado a lo largo del desarrollo de este proyecto.

En este trabajo el objeto de estudio ha sido muy específico, por lo que, para dar un paso hacia adelante, se podría continuar la línea de investigación y proyecto hacia la simulación energética de edificaciones de uso industrial. Lo cual implicará, el análisis de más factores y variables como el calor emitido exacto por maquinaria, iluminación.

Además de implicar un análisis de la edificación con todos sus componentes, ya que, en el caso de este trabajo, se analizaron muros y cubiertas para conocer la transferencia de calor que se da en ellos, sin embargo, para tener resultados más exactos, se requiere ampliar la investigación y desarrollar un modelo matemático con variables más complejas.

Por otro lado, ya existe la normativa sobre ganancia térmica de la envolvente, tanto para vivienda, como para edificios no residenciales, exceptuando la industria. Por lo que se puede trabajar en una propuesta de norma de ganancia térmica por la envolvente específica para la industria. Para lo que se sugiere la investigación y análisis en torno a normativa internacional para desarrollar una norma basada en modelos matemáticos apropiados.

ANEXOS

Anexo 1. Guía de entrevista

Tema 1 “Construcción de industrias en Jalisco”

Subtemas

- 1.1 Descripción de la situación actual de la industria
- 1.2 Sistemas constructivos de naves industriales
- 1.3 Salud ocupacional en la industria
- 1.4 Normatividad en industria alimentaria
- 1.5 Industria en el futuro cercano
- 1.6 Industria y medio ambiente

Subtema 1.1 Descripción de la situación actual de la industria

Frases de apoyo para inducir la plática:

- Platíqueme por favor sobre su experiencia en la construcción de naves industriales, me gustaría saber en cuántos proyectos de este tipo ha participado y para qué tipo de industria, me sería útil saber cuál es la situación actual de las edificaciones industriales en Jalisco.
- Desde su experiencia, cuál es el grado de compromiso que existe actualmente hacia el medio ambiente en la construcción de industrias y cómo piensa que debería ser.
- ¿Ha visto cambios en los últimos años en la manera de crear industrias?

Subtema 1.2 Sistemas constructivos de naves industriales

Frases de apoyo para inducir la plática:

- Le agradeceré si me describe con detalle los sistemas constructivos y materiales que se han empleado en la construcción de industrias en las que ha estado involucrado.
- ¿Usted tiene un sistema constructivo como primera opción en sus proyectos? Si es así, ¿cuáles características lo hacen mejor que otros?

Subtema 1.3 Salud ocupacional en la industria

Anexo 2. Detalles de entrevistas aplicadas

Entrevista 1:

Persona entrevistada: Lic. Rodolfo

Tipo de informante: 2

Lugar de entrevista: empresa procesadora de alimentos cárnicos en el municipio de Zapotlanejo, Jalisco.

Tiempo sugerido: 90 minutos

Fecha de entrevista: 16/05/2017

Entrevista 2:

Persona entrevistada: M. Arq. Marco Antonio Castillo Cuevas

Tipo de informante: 1

Lugar de entrevista: ITESO, municipio de Tlaquepaque, Jalisco.

Fecha de entrevista: 01/05/2017

Anexo 3. Entrevista informante tipo 1 transcrita.



Departamento del Hábitat y Desarrollo Urbano.

Maestría en Proyectos y Edificación Sustentables

Entrevistas aplicadas

Maestranda: Arq. Ixchel Rowena Figueroa Martínez

01 de mayo de 2017

CLAVE DE LA ENTREVISTA: **MACC-05-17**

Datos del entrevistado

Nombre: M. Arq. Marco Antonio Castillo Cuevas

Ocupación: Arquitecto especializado en proyectos de edificaciones de rastros Tipo Inspección Federal (TIF).

Datos de la entrevista

Fecha de realización: 01 de mayo de 2017

Lugar: ITESO, Tlaquepaque, Jalisco

Hora de inicio/fin: 11:15/12:45

Datos del entrevistador

Nombre: Arq. Ixchel Rowena Figueroa Martínez

Rol o cargo: Maestranda

1 **Ixchel Rowena Figueroa Martínez (IRFM** en
2 adelante): Buenos días Marco, primero que
3 nada, te agradezco por tu atención y el tiempo
4 que estás dedicando para realizar esta
5 entrevista. Primero quisiera que me platiques
6 sobre tu experiencia en la construcción de
7 naves industriales, me gustaría saber ¿En
8 cuántos proyectos de este tipo has participado
9 y para qué tipo de industria?

10 **Marco Antonio Castillo Cuevas (MACC** en
11 adelante): Tengo más de 25 años de trabajar
12 en proyectos y construcción de naves
13 industriales, en los cuales cuento con al menos
14 20 proyectos ejecutados, la mayoría de ellos
15 han sido para la industria alimentaria,
16 principalmente la industria cárnica. Otros más
17 para proyectos agrícolas como empacadoras
18 de legumbres y al menos 4 para otros
19 productos industriales como acero y látex.

20 **IRFM:** ¿Cuál es tu experiencia en industrias
21 alimentarias?

22 **MACC:** La mayoría de los proyectos industriales que
23 he realizado han sido dirigidos hacia esta
24 industria, un 90% a la industria cárnica como:
25 Rastros, empacadoras y procesadoras de
26 legumbres.

27 **IRFM:** Te agradeceré si me describes con
28 detalle los sistemas constructivos y materiales
29 que se han empleado en la construcción de
30 industrias en las que ha estado involucrado.

31 **MACC:** La industria alimentaria es un sector que tiene
32 especial cuidado en el tipo de construcción de

33 sus establecimientos, por ello es importante no
34 solo conocer sobre el tipo de construcción,
35 sino que debe el proyectista involucrarse en el
36 tipo de proceso y su normatividad. Por lo tanto,
37 el tipo de construcción y elección de los
38 materiales a utilizar es altamente vigilado.

39 **IRFM:** ¿Tienes un sistema constructivo como primera
40 opción en sus proyectos? Si es así, ¿cuáles
41 características lo hacen mejor que otros?

42 **MACC:** El sistema constructivo para naves
43 industriales ha tenido un importante desarrollo
44 en los últimos 20 años con la oferta de nuevos
45 materiales y sistemas de ejecución que cada
46 vez permite al constructor hacer más eficiente
47 el proceso constructivo y además cumplir con
48 la normatividad que cada tipo de industria
49 solicita. En cuanto a la industria alimentaria se
50 requiere de materiales que certifiquen grado
51 alimentario y que opere dentro de normas de
52 sustentabilidad (hablo desde tipos de
53 cimentación, pisos y envolventes) El sistema
54 constructivo que más utilizo en las naves
55 industriales es a base de pisos de concreto,
56 estructura metálica y envolventes exteriores e
57 interiores que me permitan un mayor ciclo de
58 vida de estos.

59 **IRFM:** Desde tu experiencia, ¿cuál es el grado de
60 compromiso que existe actualmente hacia el
61 medio ambiente en la construcción de
62 industrias? y ¿cómo piensas que debería ser?

63 **MACC:** La normatividad es clara y hay de todo en el
64 medio de la construcción de tipo industrial,
65 creo que el compromiso debe ser tanto desde

66 el compromiso del cliente (empresario) como
67 del asesor y constructor, pues no solamente es
68 el provocar el menor impacto al medio
69 ambiente, sino que también influye el uso del
70 suelo y el impacto a corto y largo plazo.

71 **IRFM:** ¿Has visto cambios en los últimos años en la
72 manera de crear industrias?

73 **MACC:** Como comenté anteriormente, la tecnología
74 de la construcción avanza con la dinámica del
75 crecimiento poblacional y de la producción de
76 bienes y servicios. Podemos ver nuevos
77 materiales y sistemas constructivos que
78 permiten reducir el tiempo de ejecución de
79 naves industriales. La prefabricación es el
80 factor actual más importante.

81 **IRFM:** En el diseño y planeación de la edificación de
82 industrias ¿se considera la salud ocupacional
83 respecto a lo que se produce en ellas,
84 cuestiones climatológicas y espaciales?

85 **MACC:** Cuando se interviene solo como constructor,
86 el enfoque consiste en la entrega de un
87 paquete de infraestructura (planta física) de
88 acuerdo con una serie de especificaciones. En
89 el caso de un proyecto integral se ofrece la
90 planeación y el desarrollo de proyecto, donde
91 se considera la coordinación con los
92 especialistas en los flujos del proceso
93 industrial sin olvidar los flujos de personal y
94 sus necesidades espaciales. Debemos buscar
95 siempre el confort dentro de cada área de las
96 instalaciones pensando en el
97 aprovechamiento de los recursos energéticos
98 en la climatización de estos espacios.

99 **IRFM:** Ahora dime por favor ¿qué normatividad has
100 utilizado en tus proyectos?

101 **MACC:** La industria cárnica en especial es muy
102 precisa en cuanto a la construcción de los
103 establecimientos de la industria y es la
104 SAGRAPA como dependencia quien emite la
105 norma NOM-008-ZOO-1994 la cual fue
106 modificada en 1999 y que emite las
107 especificaciones zoosanitarias para la
108 construcción y equipamiento de
109 establecimientos para el sacrificio de animales
110 y los dedicados a la industrialización de
111 productos cárnicos, la NOM-251-SSA1-2009,
112 que habla de las prácticas de higiene para el
113 proceso en establecimientos de servicios de
114 alimentos o bebidas y

115 NOM-120-SSA1-1994, que habla de los bienes y
116 servicios. Prácticas de higiene y sanidad para
117 el proceso de alimentos, además de los
118 reglamentos de construcción de la entidad
119 federativa y municipal.

120 **IRFM:** Háblame por favor de cómo ves las industrias
121 en un futuro cercano.

122 **MACC:** En los últimos 10 años hemos visto una serie
123 de cambios en la forma de regular el uso de
124 suelo con la generación de parques o zonas
125 industriales, consiguiendo la concentración
126 por tipo de industria. Este tipo de
127 concentración industrial debe seguir una
128 tendencia que ayude a mitigar el impacto que
129 por muchos años la industria ha generado al
130 permanecer dentro de las zonas urbanas con
131 las consecuencias ya conocidas. Veo el futuro

132 de la industria como unidades comprometidas
133 con la sustentabilidad de la región geográfica
134 donde se encuentren, Económicamente
135 fortaleciendo la producción de bienes y
136 servicios, comprometidos con la preservación
137 del medio ambiente utilizando fuentes de
138 energía no contaminantes y siendo un factor
139 en el desarrollo humano de la sociedad.

140 **IRFM:** Seguramente tienes en mente ciertas
141 características para la mejora de las
142 industrias, te agradecería si me las describes.

143 **MACC:** La planeación de acuerdo con el tipo de
144 industria, un sistema constructivo menos
145 contaminante (aprovechamiento de materiales
146 y materiales con un ciclo de vida mayor)
147 equilibrio de áreas construidas con áreas de
148 amortiguamiento ecológico (áreas verdes)
149 concentración en zonas menos aptas para la
150 agricultura y de menor impacto con zonas de
151 población).

152 **IRFM:** ¿Cuáles sistemas constructivos y materiales
153 piensas que deberían seguirse utilizando?

154 **MACC:** Hasta hoy la combinación de concreto acero
155 han resultado una mancuerna que sigue
156 resultando eficiente sobre todo si se utilizan
157 procedimientos de prefabricación.

158 **IRFM:** ¿Qué potencial ve en la utilización de
159 materiales que se consideren sustentables?

160 **MACC:** Me parece que debe establecerse como
161 prioridad y sobre todo confirmar que estos
162 materiales cubran las normas para el tipo de
163 industria en que se apliquen estos materiales

164 deberán certificar por escrito que han sido
165 fabricados bajo estándares de menor impacto
166 ecológico y que su análisis de ciclo de vida es
167 mayor que sus similares. Además, deben ser
168 productores que puedan al finalizar su uso
169 principal puedan ser al menos 60%
170 reutilizables.

171 **IRFM:** Desde tu perspectiva, la situación actual frente
172 al cambio climático ¿derivará en cambios en la
173 manera de crear industrias en los próximos
174 años?

175 **MACC:** Nuestro país a suscrito compromisos en las
176 pasadas cumbres del cambio climático donde
177 la industria tiene compromisos bastante
178 importantes en la reducción de niveles de CO₂
179 recordemos que la última reunión realizada en
180 París en 2015 México emitió 20 compromisos
181 para reducir niveles de contaminación y el
182 aumento en el uso de energías renovables
183 entre otras. (consultar:
184 [http://www.inecc.gob.mx/descargas/adaptacio](http://www.inecc.gob.mx/descargas/adaptacion/2015_indc_esp.pdf)
185 [n/2015_indc_esp.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/adaptacion/2015_indc_esp.pdf))

186 **IRFM:** ¿Estás considerando implementar estrategias
187 hacia la sustentabilidad en tus proyectos?
188 ¿Cuáles son?

189 **MACC:** Por costumbre busco generar siempre el
190 menor impacto posible y en los últimos 5 años
191 nuestros proyectos han buscado y conseguido
192 ir a la baja en el consumo de combustibles
193 fósiles reutilizando en su lugar sistemas como
194 biodigestores para la producción de biogás,
195 sistemas solares para la generación de al
196 menos 60% de la energía eléctrica requerida y

197 sistemas de tratamiento de agua para la
198 reutilización en procesos secundarios antes de
199 descarga a los sistemas de alcantarillado.

200 **IRFM:** Plátame por favor si tú tienes conocimiento
201 sobre evaluaciones de impacto ambiental en
202 las edificaciones.

203 **MACC:** Sí, hay algunos de orden obligatorio y otros
204 de recomendación cuando se va a edificar
205 algún complejo sea habitacional o industrial.

206 **IRFM:** ¿Cuáles son los métodos de evaluación de
207 impacto ambiental que conoces?

208 **MACC:** La más común es la manifestación de impacto
209 ambiental, este es un documento emitido por
210 unidades verificadoras certificadas en
211 conjunto con protección civil para emitir
212 dictamen que indique el grado de impacto de
213 un nuevo proyecto en una zona geográfica
214 específica, el sistema LEED que expide el
215 Green Building Council, el Programa de
216 Certificación de Edificaciones Sustentables
217 (PCES) que opera principalmente en el DF y
218 comienza a tener eco en algunos estados del
219 país. Te recomiendo para consulta
220 [http://www.obrasweb.mx/construccion/2014/0](http://www.obrasweb.mx/construccion/2014/08/28/11-normas-y-certificaciones-de-edificacion-sustentable-en-mexico)
221 [8/28/11-normas-y-certificaciones-de-](http://www.obrasweb.mx/construccion/2014/08/28/11-normas-y-certificaciones-de-edificacion-sustentable-en-mexico)
222 [edificacion-sustentable-en-mexico.](http://www.obrasweb.mx/construccion/2014/08/28/11-normas-y-certificaciones-de-edificacion-sustentable-en-mexico)

223 **IRFM:** ¿Consideras importante conocer el impacto
224 ambiental de los materiales que se utilizan en
225 una construcción?

226 **MACC:** Ya no debe ser una recomendación, yo creo
227 que debe ser de orden oficial y obligatorio para
228 todo tipo de edificación.

229 **IRFM:** Según tu experiencia ¿se pueden tener buenas
230 condiciones climáticas interiores si se eligen
231 los materiales de acuerdo con sus
232 características térmicas?

233 **MACC:** Claro, en si debemos pensar que en la
234 sustentabilidad hay una dimensión económica
235 y esta no reside en el costo de la construcción
236 sino en las ventajas que darán viabilidad a un
237 proyecto productivo durante su operación, con
238 ello me refiero a la climatización de las naves
239 industriales.

240 **IRFM:** ¿Conoces alguna guía de selección de
241 materiales constructivos con base a su
242 impacto ambiental?

243 **MACC:** No conozco una guía explícita para ello, pero
244 creo que el proyectista de proyectos
245 industriales debe generar una constante
246 investigación de materiales y procedimientos
247 donde se especifiquen las características y
248 requerimientos de los materiales a utilizar
249 buscando siempre el propósito de contribuir a
250 un desarrollo de industria limpia o también
251 llamada industria verde.

252 **IRFM:** Esto sería todo, te agradezco nuevamente por
253 tomarte el tiempo para venir a esta entrevista.

254 **MACC:** Claro, no hay de que, si tienes cualquier otra
255 duda no dudes en escribirme.

Anexo 4. Entrevista a informante tipo 2 transcrita



Departamento del Hábitat y Desarrollo Urbano.

Maestría en Proyectos y Edificación Sustentables

Entrevistas aplicadas

Maestranda: Arq. Ixchel Rowena Figueroa Martínez

15 de mayo de 2017

CLAVE DE LA ENTREVISTA: **RD-05-17**

Datos del entrevistado

Nombre: Lic. Rodolfo

Ocupación: director de empresa procesadora de productos cárnicos

Datos de la entrevista

Fecha de realización: 15 de mayo de 2017

Lugar: Zapotlanejo, Jalisco

Hora de inicio/fin: 10:05/11:15

Datos del entrevistador

Nombre: Arq. Ixchel Rowena Figueroa Martínez

Rol o cargo: Maestranda

1 **Ixchel Rowena Figueroa Martínez (IRFM** en
2 **adelante):** Buenos días Rodolfo, antes que
3 nada, quiero agradecerte por tomar el
4 tiempo para realizar esta entrevista.
5 Plátame por favor sobre tu experiencia
6 en la industria alimentaria, me sería útil
7 saber cuál es la situación actual de la
8 industria en Jalisco.

9 **Rodolfo (RD** en adelante): Tengo 10 años en el
10 área de comercio de productos cárnicos en
11 Jalisco, actualmente la industria en general
12 enfrenta diversos retos por las
13 innovaciones tecnológicas y la
14 globalización. Las cosas no son como lo
15 eran hace años, hoy en día cualquier
16 negocio debe estar en constante
17 transformación no solo para cumplir con
18 las necesidades de los consumidores, sino
19 también para cumplir con estándares de
20 calidad e higiene.

21 **IRFM:** Te agradeceré si me describe con detalle
22 el tipo de alimentos que se produce en la
23 empresa.

24 **RD:** se procesa carne de porcino para la
25 elaboración de platillos, se puede decir
26 que es una cocina industrial.

27 **IRFM:** ¿Qué tipo de maquinaria para la
28 producción se utiliza dentro de la
29 empresa?

30 **RD:** Tenemos cazos de distintos tamaños, pailas,
31 ollas, tortillera, empacadora al vacío, entre
32 otras.

33 **IRFM:** Me puedes platicar por favor sobre tu
34 conocimiento acerca de la situación
35 medioambiental actual.

36 **RD:** La situación medioambiental que vivimos
37 actualmente creo yo que ha hecho
38 estragos en muchos ámbitos tanto
39 nacional como internacionalmente. Por un
40 lado, creo que el cambio climático nos está
41 afectando día con día con las
42 temperaturas, que están siendo más
43 extremas. Aunado a eso seguimos
44 contaminando y hacemos lo que
45 queremos en el presente sin pensar en el
46 futuro. Por eso es importante que
47 tengamos en cuenta al medio ambiente en
48 nuestras actividades diarias como una
49 parte primordial.

50 **IRFM:** ¿Cuál es su compromiso respecto al
51 medio ambiente?

52 **RD:** Nuestro compromiso con el medio ambiente
53 es realizar nuestras actividades en el
54 presente sin tener que comprometer
55 nuestro futuro. En las empresas nos
56 tenemos que poner las pilas en medidas
57 preventivas como lo son la reutilización de
58 las energías, las energías renovables y el
59 cuidado de los recursos que se tienen.

60 **IRFM:** ¿Has visto cambios en los últimos años en
61 la manera de crear industrias?

62 **RD:** Hemos visto algunos cambios, algunos son
63 positivos, algunos otros son negativos en
64 la industria, pero más que nada no están
65 enfocados al medio ambiente sino en la
66 evolución de los mercados. Si a mi me
67 preguntas, en la industria alimenticia, la
68 evolución ha ido sobre los empaques. En
69 Europa hay empresas que utilizan
70 empaques biodegradables y reutilizables.

71 **IRFM:** Cuando se llevó a cabo la construcción de
72 la empresa ¿tú te involucraste en el
73 proceso y planeación?

74 **RD:** No, desafortunadamente nosotros rentamos
75 la nave industrial ya que estaba
76 construida, digo desafortunadamente
77 porque me hubiera gustado participar en la
78 planeación para que la nave cumpliera con
79 los requerimientos específicos de nuestra
80 producción.

81 **IRFM:** Háblame por favor de cómo ves las
82 industrias en un futuro cercano.

83 **RD:** La industria en un futuro cercano, yo la veo
84 que puede tener cambios positivos, aquí lo
85 importante es que surjan más proyectos en
86 donde el empresario aprenda a crear sus
87 industrias de manera sustentable. Que el
88 empresario tenga el enfoque también de
89 saber que al hacer industrias sustentables

90 también se está ayudando
91 económicamente, que también la energía
92 que se produzca, a largo plazo le va a
93 favorecer económicamente. Así como
94 beneficiar al recurso humano en el confort
95 en la empresa, que es lo más importante y
96 esto por ende te hace más productivo.

97 **IRFM:** Seguramente tienes en mente de ciertas
98 características para la mejora de las
99 industrias, te agradecería si me las
100 describes.

101 **RD:** Las mejoras que yo tendría en mente en la
102 industria son, primeramente, tratar de
103 buscar empaques que sean más
104 amigables con el medio ambiente. Por otra
105 parte, crear la industria desde los
106 cimientos, buscando la permanencia de
107 los materiales, que sean materiales de la
108 región, buscar también el confort térmico y
109 tomar en cuenta las energías renovables.
110 Sobre todo, asesorarse de gente experta
111 en esta y en todas las áreas para que
112 todos los trabajos y todos los esfuerzos
113 que se lleven a cabo estén bien enfocados.

114 **IRFM:** ¿Qué potencial ves en la utilización de
115 materiales que se consideren
116 sustentables?

117 **RD:** Pues yo veo mucho potencial desde el punto
118 de vista arquitectónico, desde el punto de
119 vista laboral, porque hay materiales que

120 nos van a funcionar mucho mejor que
121 otros, que nos van a hacer que se
122 mantenga el área fresca, que tengamos
123 más ventilación. La utilización de
124 materiales correctos es clave en la
125 industria y más en la industria alimenticia.

126 **IRFM:** Desde tu perspectiva, la situación actual
127 frente al cambio climático ¿derivará en
128 cambios en la manera de crear industrias
129 en los próximos años?

130 **RD:** Desde luego la situación actual que vivimos
131 con el cambio climático nos obliga a ser
132 mejores, a tener unas industrias que sean
133 más amigables. Es importante que ahora
134 que nuevas generaciones están llegando a
135 esta industria y muchas más, pues,
136 tengamos una conciencia en cuanto a que
137 nos estamos acabando nuestro planeta.
138 Es importante saber que el cambio inicia
139 desde lo que nosotros hacemos, desde
140 cada piedrita que ponemos en las
141 industrias, desde el uso que damos a los
142 recursos, desde el cuidado que tenemos
143 del agua, desde todo lo que se tiene que
144 hacer para cuidar los recursos naturales.

145 **IRFM:** ¿Estás considerando implementar
146 estrategias hacia la sustentabilidad en tus
147 proyectos futuros? ¿Cuáles son?

148 **RD:** La principal estrategia que nosotros
149 podemos tomar en cuenta, es asesorarnos

150 de gente que tenga experiencia en todas
151 las áreas y sobre todo en el área de
152 sustentabilidad enfocada en las industrias
153 para que podamos tener una mayor
154 efectividad en lo que realicemos en todas
155 las áreas. Entonces es fundamental
156 primero tener el enfoque necesario y eso
157 pues solamente se logra con gente
158 experta. Por otra parte, yo creo que es
159 importante dar a conocer a otros colegas,
160 a otras industrias, pues lo importante que
161 debe ser la sustentabilidad para las
162 empresas y para todas las áreas.

163 **IRFM:** ¿Conoces alguna guía de selección de
164 materiales constructivos con base en su
165 impacto ambiental y efectos en el confort
166 térmico?

167 **RD:** No, no conozco ninguna guía. En realidad,
168 no hay mucha difusión, no hay
169 reglamentos que nos permitan a nosotros
170 conocer o si los hay los desconozco
171 completamente. Sería importante contar
172 con una pequeña guía que nos ayude a
173 implementar los temas de sustentabilidad
174 en las industrias.

175 **IRFM:** ¿En tus próximos proyectos pensarías en
176 utilizar una guía de selección de materiales
177 con base en este enfoque?

178 **RD:** Sin duda, yo creo que una guía es muy
179 importante para poder realizar todos

180 nuestros proyectos. Yo creo que, así como
181 utilizamos una guía para estudiar cuando
182 vamos a hacer un examen, una guía que
183 nos pueda llevar hacia el enfoque que
184 necesitamos de todas las áreas, es de
185 suma importancia.

186 **IRFM:** Esto sería todo Rodolfo, te agradezco
187 nuevamente por estar aquí y darme de tu
188 tiempo para llevar a cabo esta entrevista.


189 **RD:** No tienes nada que agradecer, estamos a la
190 orden.

Anexo 5. Observación directa en fábrica 1

Maestría en Proyectos y Edificación Sustentables					
Título:	Guía de componentes para la envolvente de edificaciones industriales alimentarias en Jalisco para la eficiencia energética y salud ocupacional				
Maestranda:	Ixchel Rowena Figueroa Martínez		Tutor:	Mtro. Marco Antonio Castillo Cuevas	
Formato de levantamiento de instrumento de Observación Directa					
Observación Directa en:					
Establecimiento: Fábrica 1		Localización: Zapotlanejo, Jalisco		Fecha: 14/11/2017	
Director o gerente: Rodolfo				Hora de aplicación:	
				De: 12:00 a: 14:00 horas	
Foco de atención 1	Observables concretos	Materiales	Foco de atención 2	Observables concretos	Descripción / Cantidad
Componentes de la envolvente	a) Piso / losa	Concreto pulido con pintura epóxica	Salud ocupacional y confort térmico	a) Ventilación	Ventilación por gravedad en techos
	b) Muros	Block sólido de jalcreto 15*20*40, mortero y pintura acrílica, en la parte superior lámina acanalada		b) Equipo de calefacción	N/A
	c) Estructura	Viga de acero IPR 12**4" y Polín monten 8" calibre 26		c) Equipo de enfriamiento	Aire lavado por evaporación
	d) Puertas	Lámina acanalada RN 100 calibre 26		d) Maquinaria de producción	Cazos, pailas, ollas, tortillera, empacadora al alto vacío
	e) Cubierta	Lámina acanalada RN 100 calibre 26, lámina acrylyt traslucida y colchoneta aislante de lana mineral		e) Vestimenta de empleados	Casco, guantes, bata, cubreboca, botas industriales y cofía
	f) Ventanas	Cristal reflecta		f) Número de empleados en área de producción	19
	g) Recubrimientos	Fachaleta		g) Horas de trabajo por turno	8


Elaboración propia.

Anexo 6. Observación directa en fábrica 2

Maestría en Proyectos y Edificación Sustentables					
Título:	Guía de componentes para la envolvente de edificaciones industriales alimentarias en Jalisco para la eficiencia energética y salud ocupacional				
Maestranda:	Ixchel Rowena Figueroa Martínez	Tutor:	Mtro. Marco Antonio Castillo Cuevas		
Formato de levantamiento de instrumento de Observación Directa					
Observación Directa en:					
Establecimiento: Fábrica 2	Localización: Guadalajara, Jalisco			Fecha: 14/11/2017	
Director o gerente: Javier				Hora de aplicación:	
			De: 10:00 a: 12:00 horas		
Foco de atención 1	Observables concretos	Materiales	Foco de atención 2	Observables concretos	Descripción / Cantidad
Componentes de la envolvente	a) Piso / losa	Concreto pulido con pintura epóxica	Salud ocupacional y confort térmico	a) Ventilación	Ventilación por gravedad en techos
	b) Muros	Block sólido de jalcreto 15*20*40, enjarre de mortero y pintura con grado alimenticio.		b) Equipo de calefacción	N/A
	c) Estructura	Viga de acero IPR 12*4" y Polín monten 8" calibre 26		c) Equipo de enfriamiento	Equipos de inyección y extracción de aire
	d) Puertas	Lámina acanalada RN 100 calibre 26		d) Maquinaria de producción	Empacadora de dulces, mogul, vacuum, depositadora, mezcladora, cortadora, túnel de enfriamiento.
	e) Cubierta	Multytecho calibre 26 y manta de fieltro aluminio de lana mineral de 40 mm.		e) Vestimenta de empleados	Casco, guantes, bata, cubreboca, botas industriales y cofia
	f) Ventanas	Cristal y aluminio		f) Número de empleados en área de producción	32
	g) Recubrimientos	N/A		g) Horas de trabajo por turno	8

Elaboración propia.

Anexo 7. Observación directa en fábrica 3

Maestría en Proyectos y Edificación Sustentables					
Título:	Guía de componentes para la envolvente de edificaciones industriales alimentarias en Jalisco para la eficiencia energética y salud ocupacional				
Maestranda:	Ixchel Rowena Figueroa Martínez		Tutor:	Mtro. Marco Antonio Castillo Cuevas	
Formato de levantamiento de instrumento de Observación Directa					
Observación Directa en:					
Establecimiento: Fábrica 3		Localización: La Barca, Jalisco		Fecha: 01/02/2018	
Director o gerente: César				Hora de aplicación:	
				De: 11:30 a: 14:40 horas	
Foco de atención 1	Observables concretos	Materiales	Foco de atención 2	Observables concretos	Descripción / Cantidad
Componentes de la envolvente	a) Piso / losa	Concreto pulido con pintura epóxica	Salud ocupacional y confort térmico	a) Ventilación	N/A
	b) Muros	Panel sandwich con alma de poliuretano doble y lámina de zinc en el exterior		b) Equipo de calefacción	N/A
	c) Estructura	Viga de acero IPR 12"×4" y Polín monten 8" calibre 26		c) Equipo de enfriamiento	Refrigeración por difusores de techo
	d) Puertas	Panel sandwich con alma de poliuretano		d) Maquinaria de producción	Empacadora, Elicoidal, tumbler, equipo con bandas para deshuese
	e) Cubierta	Panel sandwich con alma de poliuretano doble y lámina de zinc en el exterior		e) Vestimenta de empleados	Casco, guantes, bata, cubreboca, botas industriales y cofía
	f) Ventanas	N/A		f) Número de empleados en área de producción	35
	g) Recubrimientos	N/A		g) Horas de trabajo por turno	8

Elaboración propia.

Anexo 8. Valores de densidad, conductividad y capacidad calorífica de materiales constructivos.

PÉTREOS Y SUELOS				
Rocas y suelos naturales				
MATERIAL	ρ kg/m ³	λ W/m·K	Cp J/kg·K	μ
Rocas Ígneas				
Basalto	$2700 \leq \rho \leq 3000$	3.50	1,000	10,000
Granito	$2500 \leq \rho \leq 2700$	2.80	1,000	10,000
Piedra Pómez natural	$\rho \leq 400$	0.12	1,000	6
Roca natural porosa	$\rho \leq 1600$	0.55	1,000	15
Traquita, andesita	$2000 \leq \rho \leq 2700$	1.10	1,000	15
Rocas o suelos sedimentarios				
Arcilla o limo	$1200 \leq \rho \leq 1800$	1.50	1,670-2,500	50
Arena y grava	$1700 \leq \rho \leq 2200$	2.00	910-1180	50
Arenisca	$2200 \leq \rho \leq 2600$	3.00		
Asperón	$1900 \leq \rho \leq 2500$	1.80	1,000	40
	$1300 \leq \rho \leq 1900$	0.90	1,000	
Caliza, muy dura	$2200 \leq \rho \leq 2590$	2.30	1,000	20
Caliza, dura	$2000 \leq \rho \leq 2190$	1.70	1,000	200
Caliza, dureza mediana	$1800 \leq \rho \leq 1990$	1.40	1,000	150
Caliza, blanda	$1600 \leq \rho \leq 1790$	1.10	1,000	40
Caliza, muy blanda	$\rho \leq 1590$	0.85	1,000	25
Silex	$2600 \leq \rho \leq 2800$	2.60	1,000	20
Rocas metamórficas				
Gneis, Pórfido	$2300 \leq \rho \leq 2900$	3.50	1,000	10,000
Esquisito, Pizarra	$2000 \leq \rho \leq 2800$	2.20	1,000	800
Mármol	$2600 \leq \rho \leq 2800$	3.50	1,000	10,000
Tierra vegetal				
	$\rho \leq 2050$	0.52	1,840	

Fuente: (Núñez et al., 2012).

PÉTREOS Y SUELOS				
Materiales artificiales o suelos tratados				
MATERIAL	ρ kg/m ³	λ W/m·K	Cp J/kg·K	μ
Arcilla cocida para piezas de albañilería	2300 < ρ ≤ 2400	0.90	1,000	10
	2200 < ρ ≤ 2300	0.85	1,000	10
	2100 < ρ ≤ 2200	0.79	1,000	10
	2000 < ρ ≤ 2100	0.74	1,000	10
	1900 < ρ ≤ 2000	0.69	1,000	10
	1800 < ρ ≤ 1900	0.64	1,000	10
	1700 < ρ ≤ 1800	0.59	1,000	10
	1600 < ρ ≤ 1700	0.55	1,000	10
	1500 < ρ ≤ 1600	0.50	1,000	10
	1400 < ρ ≤ 1500	0.46	1,000	10
	1300 < ρ ≤ 1400	0.43	1,000	10
	1200 < ρ ≤ 1300	0.39	1,000	10
	1100 < ρ ≤ 1200	0.35	1,000	10
	1000 < ρ ≤ 1100	0.32	1,000	10
	ρ ≤ 1000	0.29	1,000	10
Piedra artificial	ρ ≤ 1750	1.30	1,000	40
Tierra apisonada, adobe, bloques de tierra comprimida	1700 ≤ ρ ≤ 2000	1.10		

Fuente: (Núñez et al., 2012).

HORMIGONES				
MATERIAL	ρ kg/m ³	λ W/m·K	Cp J/kg·K	μ
Hormigón armado	$\rho > 2500$	2.50	1000	80
	$2300 < \rho \leq 2500$	2.30	1000	80
Hormigón en masa	$2300 \leq \rho \leq 2600$	2.00	1000	80
	$2000 \leq \rho \leq 2300$	1.65	1000	70
Hormigón con áridos ligeros	$1800 \leq \rho \leq 2000$	1.35	1000	60
	$1600 \leq \rho \leq 1800$	1.15	1000	60

Fuente: (Núñez et al., 2012).

HORMIGONES				
Productos de Hormigón				
PRODUCTO	ρ kg/m ³	λ W/m·K	Cp J/kg·K	μ
Bovedilla o casetón de hormigón convencional	590-760	1.58	1,000	10
Bovedilla o casetón de hormigón de áridos ligeros	320-580	1.26	1,000	6
Bloque de hormigón convencional	520-1230	1.18	1,000	10
Bloque de hormigón aligerado (macizo)	870-900	0.28	1,000	6
Bloque de hormigón aligerado (hueco)	790-1110	0.45	1,000	6
Bloque de picón	1300-2000	0.70	800	10
Teja de hormigón	2,100	1.50	1,000	60

Fuente: (Núñez et al., 2012).

HORMIGONES				
Hormigones para piezas prefabricadas				
MATERIAL	ρ kg/m ³	λ W/m·K	Cp J/kg·K	μ
Hormigón con arcilla expandida como árido principal	1,700	0.76	1,000	6
	1,600	0.68	1,000	6
	1,500	0.61	1,000	6
	1,400	0.55	1,000	6
	1,300	0.50	1,000	10
	1,200	0.44	1,000	6
	1,100	0.39	1,000	6
	1,000	0.35	1,000	6
	900	0.30	1,000	6
	800	0.27	1,000	6
Hormigón con otros áridos ligeros	2,000	1.50	1,000	10
	1,800	1.22	1,000	10
	1,600	0.59	1,000	10
	1,500	0.52	1,000	10
	1,400	0.46	1,000	10
	1,300	0.42	1,000	10
	1,200	0.37	1,000	10
	1,100	0.34	1,000	10
	1,000	0.30	1,000	10
	900	0.27	1,000	10
	800	0.65	1,000	10
	700	0.74	1,000	10
	600	0.83	1,000	10
	500	0.94	1,000	10
Hormigón celular curado en autoclave (Hebel)	1,000	0.29	1,000	6
	900	0.27	1,000	6
	800	0.23	1,000	6
	700	0.20	1,000	6
	600	0.18	1,000	6
	500	0.14	1,000	6
	400	0.12	1,000	6
	300	0.09	1,000	6

Fuente: (Núñez et al., 2012).

METALES				
MATERIAL	ρ kg/m ³	λ W/m·K	Cp J/kg·K	μ
Acero	7,800	50.0	450	
Acero inoxidable	7,900	17.0	460	
Aluminio	2,700	230.0	880	
Aluminio, aleaciones de	2,800	160.0	880	
Bronce	8,700	65.0	380	
Cobre	8,900	380.0	380	
Cromo	7,160	93.7	449	
Estaño	7,310	66.6	227	
Hierro	7,870	72.0	450	
Hierro, fundición	7,500	50.0	450	
Latón	8,400	120.0	380	
Níquel	8,900	90.7	444	
Plomo	11,300	35.0	130	
Titanio	4,500	21.9	522	
Zinc	7,200	110.0	380	

Fuente: (Núñez et al., 2012).

MORTEROS				
Morteros				
MATERIAL	ρ kg/m ³	λ W/m·K	Cp J/kg·K	μ
Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco o enlucido	$\rho > 2000$	1.80	1,000	10
	$1800 < \rho \leq 2000$	1.3	1,000	10
	$1600 < \rho \leq 1800$	1	1,000	10
	$1450 < \rho \leq 1600$	0.8	1,000	10
	$1250 < \rho \leq 1450$	0.7	1,000	10
	$1000 < \rho \leq 1250$	0.55	1,000	10
	$750 < \rho \leq 1000$	0.4	1,000	10
	$500 < \rho \leq 750$	0.30	1,000	10
Mortero de áridos ligeros (vermiculita, perlita)	$\rho \leq 1000$	0.41	1,000	10
Mortero de yeso	$\rho \leq 1600$	0.80	1,000	10

Fuente: (Núñez et al., 2012).

AISLANTES				
Aislantes térmicos				
MATERIAL O PRODUCTO	ρ kg/m ³	λ W/m·K	Cp J/kg·K	μ
Poliestireno Expandido (EPS)	-	0.039-0.029	-	20-100
Poliestireno Expandido Elastificado (EEPS)	-	0.046-0.029	-	
Poliestireno Extruido (XPS) Expandido con dióxido de carbono CO2 Expandido con hidrofluorcarbonos HFC	-	0.039- 0.033 0.039 - 0.029	-	100-220 100-220
Lana mineral (MW)	-		-	1
Espuma rígida de Poliuretano (PUR) o poliisocianurato (PIR)	-		-	1
Proyección con Hidrofluorcarbono (HFC)	30-60	0.03	-	60-150
Proyección con dióxido de carbono CO2 celda cerrada	40-60	0.035-0.032	-	100-150
Plancha con Hidrofluorcarbono HFC o Hidrocarburo (pentano) y revestimiento permeable a los gases	-	0.030-0.027	-	60-150
Plancha con Hidrofluorcarbono HFC o Hidrocarburo (pentano) y revestimiento impermeable a los gases	-	0.025-0.024	-	
Inyección en tabiquería con dióxido de carbono CO2	15-20	0.04	-	≤ 20
Otros materiales aislantes			-	
Corcho expandido (ICB)			-	
Arcilla expandida	325-750	0.148-0.095	-	1
Panel de perlita expandida (EPB)	140-240	0.06	-	5
Panel de vidrio celular (CG)	100-150	0.05	-	
Guata o fieltro de poliéster	20 y 50	0.038- 0.033	-	
Espuma de poliuretano reticular	-	0.072- 0.038	-	
Espuma de poliuretano no reticular	-	0.042-0.035	-	

Fuente: (Núñez et al., 2012).

AISLANTES				
Productos prefabricados con materiales aislantes				
PRODUCTO	ρ kg/m ³	λ W/m·K	Cp J/kg·K	μ
Bovedillas y casetones				
Bovedillas y casetones de EPS mecanizado	10 - 35	0.046 - 0.033	1,450	20
Bovedillas y casetones de EPS moldeado	15	0.14	1,220	20
Panel sandwich con alma de Poliuretano (PPU)				
Panel con hidrofluorcarbono HFC o hidrocarburo (Pentano)	35-50	0.022-0.037	-	
Panel con dióxido de carbono CO2	45-55	0.025	-	
Panel sándwich con alma de lana mineral	100-175	0.046 - 0.040	-	
Panel sándwich con alma de poliestireno expandido	10-50	0.039-0.029	-	
Panel sándwich con alma de poliestireno extruido	10-50	0.042-0.029	-	

Fuente: (Núñez et al., 2012).

PLÁSTICOS				
Plásticos				
MATERIAL O PRODUCTO	ρ kg/m ³	λ W/m·K	Cp J/kg·K	μ
Acrílicos	1,050	0.20	1,500	10,000
Cloruro de polivinilideno (PVCDC)				
Cloruro de polivinilo (PVC)	1,390	0.17	900	50,000
Fenol formaldehído (PF) (Baquelina)				
Linóleo	1,200	0.17	1,400	800
Poliacetato	1,410	0.30	1,400	100,000
Poliamida (nylon) (PA)	1,150	0.25	1,600	50,000
Poliamida 6.6 (PA6.6)	1,450	0.30	1,600	50,000
25% fibra de vidrio				
	1,200	0.20	1,200	5,000
Policarbonatos (PC)				
Poliestireno (PS)	1050	0.16	1,300	100,000
Polietileno alta densidad (HDPE)	980	0.50	1,800	100,000
Polietileno baja densidad (LDPE)	920	0.33	2,200	100,000
Polimetilmetacrilato (PMMA)	1,180	0.18	1,500	50,000
Polipropileno (PP)	910	0.22	1,800	10,000
Polipropileno 25% fibra de vidrio	1,200	0.25	1,800	10,000
Polietrafluoretileno (PTFE)	2,200	0.25	1,000	10,000
Poliuretano (PU)	1,200	0.25	1,800	6,000
Resina epoxi	1,200	0.20	1,400	10,000
Resina fenolica	1,300	0.30	1,700	100,000
Resina poliéster no saturado (UP)	1,400	0.19	1,200	10,000

Fuente: (Núñez et al., 2012).

VIDRIOS				
Vidrios				
MATERIAL	ρ kg/m ³	λ W/m·K	Cp J/kg·K	μ
Sodocálcico (Vidrio flotado)	2,500	1.00	750	
Cuarzo	2,200	1.40	750	
Vidrio prensado	2,000	1.20	750	

Fuente: (Núñez et al., 2012).

MARCOS			
Marcos			
PRODUCTO	ρ kg/m ³	U _{H,m} (W/m ² ·K) Vertical	U _{H,m} (W/m ² ·K) Horizontal
Metálico			
Normal	-	5.70	7.20
Con rotura de puente térmico entre 4 y 12 mm.	-	4.00	4.50
Con rotura de puente térmico > 12 mm.	-	3.20	3.50
Madera			
Madera de densidad media alta	700	2.20	2.40
Madera de densidad media baja	500	2.00	2.10
PVC			
PVC (dos cámaras)	-	2.2	2.40
PVC (tres cámaras)	-	1.8	1.90

Fuente: (Núñez et al., 2012).

Anexo 9. Expectativa de vida útil de materiales constructivos

CERÁMICOS	
COMPONENTE	EXPECTATIVA DE VIDA ÚTIL
Cimiento de concreto simple	100+
Viga de concreto armado	80+
Concreto aireado	60+
Panel de yeso para muro divisorio	30+
Lámina de vidrio para ventana	80+
Aislamiento térmico en techos con fibra de vidrio	60+
Mampostería en cimiento de piedra natural	100+
Bloque de piedra manufacturada para muros divisorios	80+
Bloque de cal-arena para muros divisorios	50+
Muro de carga de tabique rojo recocido	100+
Teja común	60+
Piso cerámico	100+
Muro de carga de bloque hueco de cerámica	100+
Aislamiento térmico en muros con lana mineral	60+

Fuente: (Hernández Moreno, 2016).

METÁLICOS	
COMPONENTE	EXPECTATIVA DE VIDA ÚTIL
Ventanas de aluminio	100+
Viga de acero	60+
Zinc	80+
Cobre	100+

Fuente: (Hernández Moreno, 2016).

POLÍMEROS	
COMPONENTE	EXPECTATIVA DE VIDA ÚTIL
Tubería de polietileno	80+
Polipropileno	80+
Ventana de PVC	60+
Tubería de PVC	100+
Impermeabilizante de bitumen	15+
Impermeabilizante de bitumen modificado	10+
Espuma de poliuretano	50+
Bloques de poliestireno expandido	60+

Fuente: (Hernández Moreno, 2016).

PINTURAS Y SELLADORES	
COMPONENTE	EXPECTATIVA DE VIDA ÚTIL
Pintura alquidámica	15
Pintura acrílica	15
Pinturas naturales	4
Selladores de base solvente	10
Selladores de base agua	7

Fuente: (Hernández Moreno, 2016).

Anexo 10. Factores de potencial de calentamiento global

Factores de Potencial de Calentamiento Global medidos Co ₂ -eq de los Gases de Efecto Invernadero más destacados, de acuerdo con los informes del IPCC					
Sustancia	Informe AR1 (1990)	Informe AR2 (1995)	Informe AR3 (2001)	Informe AR4 (2007)	Informe AR5 (2013)
Dióxido de carbono, fósil (Co ₂)	1	1	1	1	1
Metano, fósil (CH ₄)	21	21	23	25	28
Metano, biogénico (CH ₄)	18	18	20	22	25
Óxido de nitrógeno (N ₂ O)	290	310	296	298	265
HCFC-141b	440	-	700	725	782
HFC-134a	1,200	1,300	1,300	1,430	1,300
HCFC-22	1,500	-	1,700	1,810	1,760
HCFC-142b	1,600	-	2,400	2,310	1,980
CFC-11	3,500	-	4,600	4,750	4,660
CFC-12	7,300	-	10,600	10,900	10,200
Hexafluoruro de azufre (SF ₆)	-	23,900	22,200	22,800	23,500

Fuente: (PRé Consultants, 2014).

Anexo 11. Ficha técnica de equipo de extracción de aire



TAT

LINEA COMERCIAL



Tubulares con motor exterior

Esta gama de extractores tubo axiales ha sido desarrollada para manejo de aire en conductos de sistemas de ventilación comercial o industrial, calefacción y aire acondicionado. Brindan grandes prestaciones de caudal y una presión media que garantiza una alta eficiencia de funcionamiento.

CARACTERÍSTICAS:

- Hélice fabricada en **aluminio fundido**, lo cual brinda resistencia a la corrosión, bajo peso, ideal para el tipo de arreglo antichispa, debido a la ausencia de material ferroso.
- **Protección de poleas y bandas.**
- **Motor externo** al paso del aire.
- **Carcasa tubular fabricada en acero.**

APLICACIONES: Instalaciones en ducto, donde sea necesario la impulsión o extracción de aire.



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

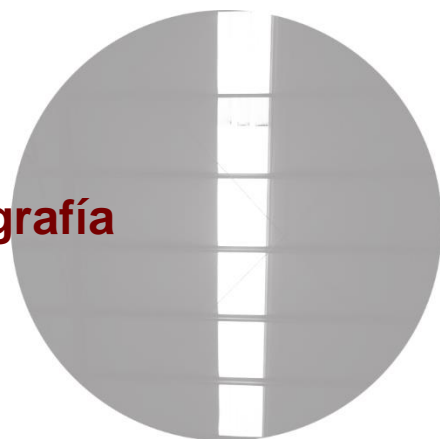
Modelo	Velocidad RPM	Potencia HP	Tensión Volts	Intensidad A	Caudal a descarga libre m³/hr/CFM	Presión sonora dB(A)*	Potencia sonora LwA	Peso apróx. Kg
TAT - 630/L	1300	1	208-230 / 460	3.0 / 1.5	12,061 / 7,099	79.4	90.7	48
TAT - 630/H	1300	2	208-230 / 460	6.2 / 3.1	14,285 / 8,408	79.4	90.7	54
TAT - 800/L	1400	2	208-230 / 460	6.2 / 3.1	23,354 / 13,746	87.8	99.2	70
TAT - 800/H	1400	5	208-230 / 460	15.2 / 7.6	25,223 / 14,846	88.3	100	76
TAT - 1000/L	1400	5	208-230 / 460	15.2 / 7.6	38,880 / 22,884	93.3	104.8	88
TAT - 1000/H	1400	7 1/2	208-230 / 460	20.2 / 10.1	45,880 / 27,004	94.5	106.2	100

*Nivel sonoro medido de acuerdo a las normas AMCA 300/05 y 301/05

Fuente: (S&P, 2017).



Capítulo 6. Bibliografía



6. Bibliografía

- AENOR. (2006). *UNE-EN ISO 7730:2006 Ergonomía del medio ambiente térmico*.
- AGE. (2015). *Certified Measurement & Verification Professional (CMVP)*. Obtenido de Agencia de Eficiencia Energética de Chile: <https://www.acee.cl/formacion-de-capacidades/certificaciones/>
- Alonso, F. J. (2013). Propiedades físicas : densidad y porosidad. *Research Gate*, pág. 2.
- Armendáriz Pérez de Ciriza, P. (2007). *Evaluación del bienestar térmico en locales de trabajo cerrados mediante los índices térmicos PMV y PPD*.
- ASHRAE. (2013). *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. ANSI/ASHRAE.
- Báez, S. (2013). *Radiación solar en América*. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/document/187653753/Radiacion-Solar-en-America>
- Balaban, O., & Puppim de Oliveira, J. (2016). Sustainable Buildings for Healthier Cities: Assessing the Cobenefits of Green Buildings in Japan. *Journal of cleaner production*.
- Barrios, G., Elías, P., Huelsz, G., & Rojas, J. (2010). Selección de los materiales de muros y techos para mejorar el confort térmico en edificaciones no climatizadas. *ESAUD Estudios Sobre Arquitectura y Urbanismo del Desierto*, pág. 69.
- Bermejo Gómez de Segura, R. (2014). *Del desarrollo sostenible según Brundtland a la sostenibilidad como biomimesis*. Universidad del País Vasco.
- Bordón, E. (2013). *La revolución industrial - consecuencias*. Obtenido de abc color: <http://www.abc.com.py/edicion-impres/suplementos/escolar/la-revolucion-industrial---consecuencias-548266.html>
- Bragança, L., & Mateus, R. (2012). *Life-Cycle Analysis of Buildings, Environmental impact of Building Elements*, pág. 10. iiSBE Portugal.
- Braungart, M., & McDonough, W. (2005). *Cradle to cradle*. McGraw-Hill.

- Carrasco, J. M. (2015). *Taylorismo, la revolución mental que llega a Europa*. Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Carrió, J. M. (2005). La evolución de los sistemas constructivos en la edificación. Procedimientos para su industrialización. CSIC. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Çengel, Y. A., & Ghajar, A. J. (2011). *Transferencia de calor y masa, fundamentos y aplicaciones*. Ciudad de México: Mc Graw Hill.
- Cepeda, F. (2009). *Primera ley de la termodinámica*. Obtenido de Unefa-termodinámica: <http://unefa-termodinamica.blogspot.mx/2009/07/primera-ley-de-la-termodinamica.html>
- Cervantes Torre-Marín, G., Sosa Granados, R., Rodríguez Herrera, G., & Robles Martínez, F. (2009). Ecología industrial y desarrollo sustentable. *Ingeniería*, vol. 13, núm. 1, enero-abril, 63-70.
- Chavéz, J. (2012). *Consecuencias de la revolución industrial*. Obtenido de <http://revoluin.blogspot.mx/2012/11/consecuencias-de-la-revolucion.html>
- CIBSE. (2007). *CIBSE Guide A: Environmental Design. 2nd ed.* London.
- CIBSE. (2007). *Introduction to sustainability*. Obtenido de The Chartered Institution of Building Services Engineers London: <http://www.cibse.org/getmedia/b209af98-d8a4-431b-85d2-ae6b304afafa/Intro-to-sustainability-b.pdf>
- CNFL. (2016). *Términos eléctricos y de facturación generales*. Obtenido de Compañía Nacional de Fuerza y Luz de Costa Rica: https://www.cnfl.go.cr/documentos/eficiencia/terminos%20electricos_y_de_facturacion.pdf
- Costabeber, J. A., & Caporal, F. R. (2000). Posibilidades e alternativas do desenvolvimento rural sustentável. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*, vol.1, núm.1, 16-37.
- Data, C. (2017). *Clima: Zapotlanejo*. Obtenido de Climate-data.org: <https://es.climate-data.org/location/217475/>

- Domingo, A. M. (2011). *Apuntes de transmisión de calor*. Obtenido de Universidad Politécnica de Madrid: <http://oa.upm.es/6935/1/amd-apuntes-transmision-calor.pdf>
- Durá, J. M. (2010). Plan de educación ambiental para el desarrollo sostenible de los colegios de la Institución La Salle. *Tesis doctoral, Universitat de València*, pág. 9.
- Escudero, M. I., & Scheelje Bravo, J. M. (2003). *Food and Agricultural Organization of the United Nations*.
- FDA. (2008). *Apuntes para la sostenibilidad no. 2*. Obtenido de Fundación Ecología y Desarrollo: www.ecodes.org
- Forbes. (2016). *Manufacturas impulsan a empleos formales en enero: IMSS*. Obtenido de Forbes México: <https://www.forbes.com.mx/manufacturas-impulsan-a-empleos-formales-en-enero-imss/>
- Francisco, S. P. (2015). *Carta encíclica "Laudato sí"*. La santa sede.
- Galindo González, L., & Martínez de la Cruz, N. L. (2014). Ecotecnologías para la sustentabilidad; una estrategia de inclusión, sobre todo para estudiantes de las áreas rurales. *Memorias del Encuentro Internacional de Educación a Distancia*, pág. 6.
- H. Wu, M., S. Ng. , T., & R. Skitmore, M. (2015). Sustainable building envelope design by considering energy cost and occupant satisfaction. *ELSEVIER*, 1.
- Hegger, M., Fuchs, M., Stark, T., & Zeumer, M. (2008). *Energy Manual, Sustainable Architecture*. Munich: Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co KG.
- Hernández Moreno, S. (2016). *Selección y diseño sustentable de materiales de construcción*. México D.F.: Trillas.
- Hernández Sampieri et al. (2014). Metodología de la investigación. Métodos mixtos, pág. 132.
- IDAE. (2015). *Calificación de la eficiencia energética de los edificios*. Obtenido de Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital:

- <http://www.minetad.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/normativamodelosutilizacion/20151123-Calificacion-eficiencia-energetica-edificios.pdf>
- IIEG. (2018). *INDUSTRIA ALIMENTICIA-Ficha sectorial*. Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco:
- INSHT. (1983). *NTP 74: Confort térmico - Método de Fanger para su evaluación*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, España.
- INSHT. (1998). *NTP: Ambiente térmico: inconfort térmico local*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo España.
- IPCC. (2001). *Working Group I: The Scientific Basis. Appendix I - Glossary*. Obtenido de Intergovernmental Panel on Climate Change: <https://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/518.htm>
- IPCC. (2013). *Cambio Climático 2013, Bases físicas*. Obtenido de Intergovernmental Panel on Climate Change: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf
- Jalisco, Gobierno del Estado (2018). *Zapotlanejo*. Obtenido de <https://www.jalisco.gob.mx/es/jalisco/municipios/zapotlanejo>
- Juraschek, M., Bucherer, M., Shnabel, F., Hoffshröer, H., Vossen, B., Kreuz, F., . . . Herrmann, C. (2018). Urban factories and their potential contribution to the sustainable development of cities. *ELSEVIER*.
- Lara, I. (2015). *Es industria alimenticia gran aportador en Jalisco*. Obtenido de Somos Industria: <https://www.somosindustria.com/articulo/es-industria-alimenticia-gran-aportador-en-jalisco/>
- Lawrence, A., Karlsson, M., & Thollander, P. (2018). Effects of firm characteristics and energy management for energy efficiency in the pulp and paper industry. *ELSEVIER*, pág. 3.

- López, M. d., & Del Caño Gochi, A. (2001). Construcción y arquitectura industrial para el siglo XXI: un análisis preliminar. *Digital.CCIC: Consejo Superior de Investigaciones científicas*, pág. 3.
- Marco. (2015). *¿Qué es la emisividad?* Obtenido de Blog termografía: <http://blogtermografia.com/que-es-la-emisividad/>
- Mayorga Cervantes, J. R. (2012). *Arquitectura y confort térmico. Teoría, cálculo y ejercicios*. México D.F.: Plaza y Valdés editores.
- MIET. (2014). *Metodología de cálculo de la calificación de eficiencia energética*. Obtenido de Ministerio de Industria, Energía y Turismo de España: <http://www.famp.es/export/sites/famp/.galleries/documentos-lab-eficiencia-energetica/NORMATIVA-50.pdf>
- Ministerio de Industria, Energía y Turismo, España. (2013). *Regamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, España*. Secretaría de Estado de Energía.
- Mulder, S. (2013). *Sustainable warehousing. An empirical research at Unilever on building options and collaboration models in sustainable warehousing*. University of Twente.
- Muñoz, E., Creus, M., Sanjuan, F., Rabal, H., & J. Gallego, S. (2013). *Comprobación experimental de la ley de Stefan-Boltzmann en la cátedra de de física III de ingeniería de la UNLP*. Obtenido de UNLP Argentina.
- Naciones Unidas. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de Naciones Unidas: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Núñez, R., Aramburu, F., & Botrán, C. (2012). *Bioclimática, sostenibilidad y ahorro de energía: Manual de técnicas de acondicionamiento térmico*. Madrid: Fundación Universidad San Pablo CEU.
- O. Akadiri, P., A. Chinyio, E., & O. Olomolaiye, P. (2012). Design of A Sustainable Building: A Conceptual Framework for Implementing Sustainability in the Building Sector. *Open Access MDPI*, pág. 127.

- OCDE. (2014). *OCDE. Indicadores sociales*. Obtenido de Society at a Glance 2014: <http://www.oecd.org/social/societyataglance.htm>
- OMS. (2010). *Entornos laborales saludables: Fundamentos y modelo de la OMS*. Organización Mundial de la Salud.
- OMS. (2017). *Protección de la salud de los trabajadores*. Organización Mundial de la Salud.
- ONSET. (2018). *ONSET HOBOWare*. Obtenido de <http://www.onsetcomp.com/hoboware-free-download>
- Ortiz Moreno, J., Masera Cerutti, O., & Fuentes Gutiérrez, A. (2014). *La ecotecnología en México*. Guadalajara: Imagia comunicación.
- Ortiz, O., Castells, F., & Sonnemann, G. (2012). Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA. *ScienceDirect*.
- Pacheco-Torgal, F., Cabeza, L., Labrincha, J., & de Magalhães, A. (2014). *Eco-efficient construction and building materials*. Cambridge: Woodhead Publishing.
- Palomo Cano, M. (2017). *Aislantes térmicos, criterios de selección por requisitos energéticos*. Universidad politécnica de Madrid: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.
- Pérez García, E. S. (2017). Salud ocupacional. *Revista COFEPRIS*.
- Pons, R. (2017). *Entendiendo el Azimut y la elevación*. Obtenido de Photophills: <https://www.photopills.com/es/articulos/entendiendo-el-azimut-la-elevacion>
- PRé Consultants. (2014). *Updated Carbon Footprint Calculation Factors*. Obtenido de Pré: <https://www.pre-sustainability.com/news/updated-carbon-footprint-calculation-factors>
- Rai, D., Sodagar, B., Fieldson, R., & Hu, X. (2010). Assessment of CO2 emissions reduction in a distribution warehouse. *Elsevier*.
- Ries, R., M. Bilec, M., Mehmet Gokhan, N., & Lascola Needy, K. (2006). The economic benefits of green buildings: A comprehensive case study. *The Engineering Economist*.

- Rivera-Montoya, Z. (2015). *Análisis de la eficiencia energética en la envolvente de dos edificios educativos en el ITESO contruidos con una diferencia de 45 años, mediante la nom-008-ener-2001 y la termografía infrarroja*. Tlaquepaque: ITESO.
- SAGARPA, & SENASICA. (2015). *Gobierno de México*. Obtenido de Certificación TIF, sello de calidad que brinda seguridad: <https://www.gob.mx/sagarpa/articulos/certificacion-tif-sello-de-calidad-que-brinda-seguridad>
- Salas, J. (1981). Edificios para la industria en la revolución industrial. *Informes de la construcción*, págs. 41-42.
- Salinas-Cabrera, D. (2016). Educación ambiental para el desarrollo y consumo sustentable en Chile. Una revisión bibliográfica. *Educare*.
- San-José, J., Losada, R., Cuadrado, J., & Garrucho, I. (2006). Approach to the quantification of the sustainable value in industrial buildings. *ELSEVIER*.
- SE. (2001). *Eficiencia energética de edificaciones, envolvente de edificios no residenciales*. Secretaría de Energía.
- SE. (2011). *Eficiencia energética en edificaciones, Envolvente de edificios para uso habitacional*. Secretaría de Energía.
- SE. (2011). *NOM-018-ENER-2011 Aislantes térmicos para edificaciones*. Secretaría de Energía.
- SE. (2015). *Información económica y estatal Jalisco*. Obtenido de Secretaría de Economía: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/43796/Jalisco.pdf>
- SEDECO. (2017). *2016, un año histórico para las exportaciones de Jalisco*. Obtenido de Secretaría de Desarrollo Económico Jalisco: <http://sedeco.jalisco.gob.mx/prensa/noticia/448>
- SEGOB. (1992). *Ley Federal sobre Metrología y Normalización*. Obtenido de Secretaría de Gobernación: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/5425/Reg_LFMN.pdf

- SENER. (2016). *Sistema de información energética*. Obtenido de Secretaría de Energía:
<http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cvecua=IE7C02>
- Sierra, J. B. (2000). *Catálogo de nomenclatura internacional normalizada relativa a la ciencia y la tecnología UNESCO*. UNAM.
- Star, E. (2016). *ENERGY STAR Certification for buildings*. Obtenido de Energy Star:
<https://www.energystar.gov/buildings/facility-owners-and-managers/existing-buildings/earn-recognition/energy-star-certification>
- STPS. (2002). *Condiciones térmicas elevadas o abatidas-Condiciones de seguridad e higiene*. Secretaría del Trabajo y Previsión Social.
- STPS. (2008). *Edificios, locales, instalaciones, y áreas en los centros de trabajo-Condiciones de seguridad*. Secretaría del Trabajo Y Previsión Social.
- Taipale, K. (2012). *From "Light green" to sustainable buildings*. Obtenido de Worlwatch Institute:
<http://www.worldwatch.org/%E2%80%9Clight-green%E2%80%9Dsustainable-buildings-0>
- Tetreault, Darcy. (2004). Una taxonomía de modelos de desarrollo sustentable. *Espiral, estudios sobre Estado y Sociedad*, págs. 47-52.
- Trujillano, A. (2015). *Listado de posibles usos y tipologías edificatorias*. Obtenido de Arquitectu Trujillano: <http://www.arquitectotrujillano.com/lang1/pg001.html>
- UCLA, Liggett, R., & Milne, M. (2017). *Climate Consultant 6.0*. Universidad de California en los Ángeles.
- UNMDP. (2015). *Definiciones básicas para balance de materia*. Obtenido de Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.:
<http://www3.fi.mdp.edu.ar/procesosindustriales1/archivos/Definiciones%20para%20balances%20de%20materia.pdf>
- Velazco, J. (2013). *Devalúa el descuido a zona industrial*. Obtenido de Reforma:
<https://www.reforma.com/aplicacioneslibre/articulo/default.aspx?id=118884&md5=fb31e8b9ed194369a6c3317b4c2fcc36&ta=0dfdbac11765226904c16cb9ad1b2efe&po=4>

- WGBC. (2016). *Construcción ecológica y los Objetivos de Desarrollo Sostenible*.
Obtenido de World Greed Building Council: [http://www.worldgbc.org/green-
building-sustainable-development-goals](http://www.worldgbc.org/green-building-sustainable-development-goals)
- Widera, B. (2015). Bioclimatic architecture. *Journal of Civil Engineering and Architecture Research*, pág. 568.